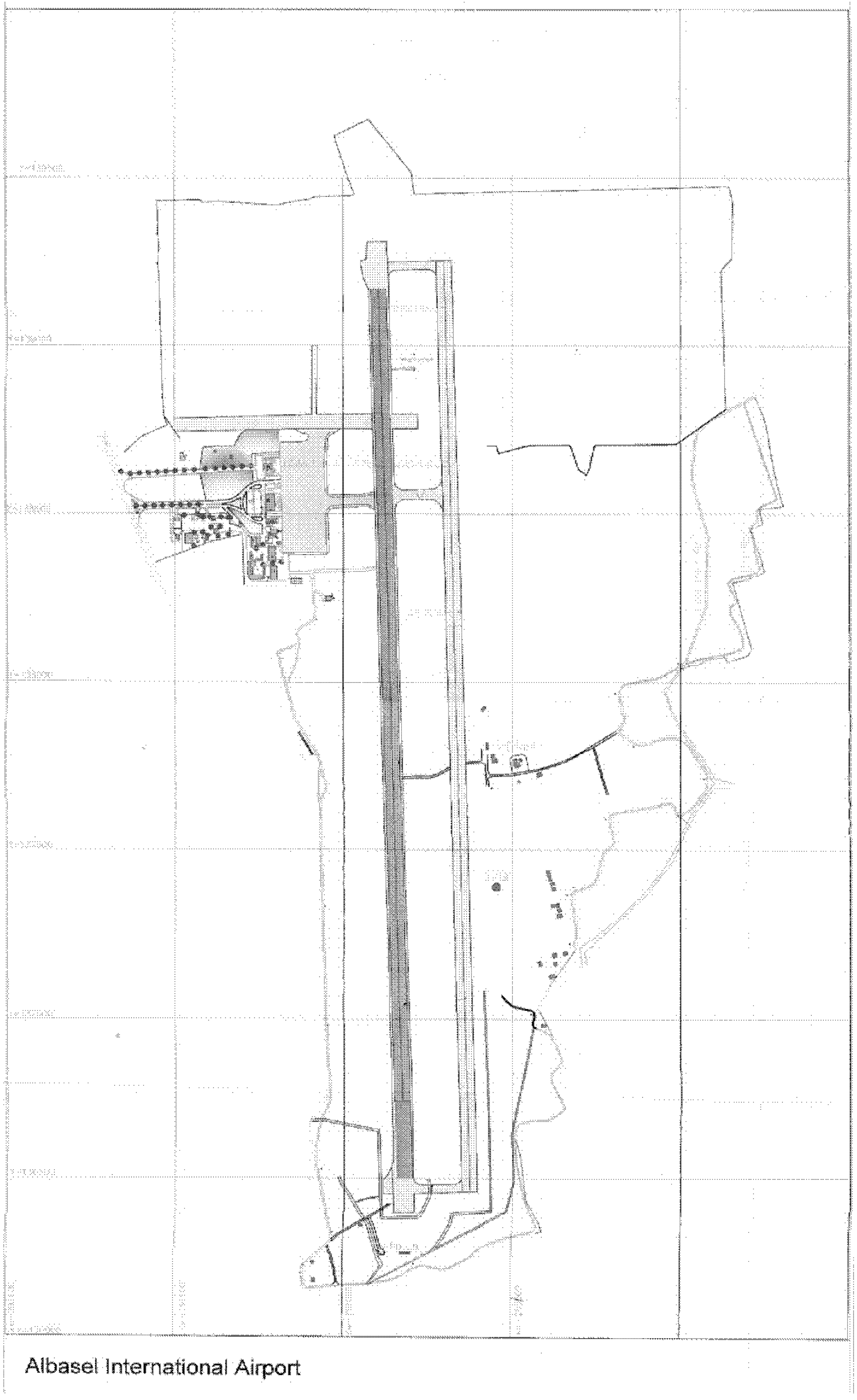
مقدمة عامة :

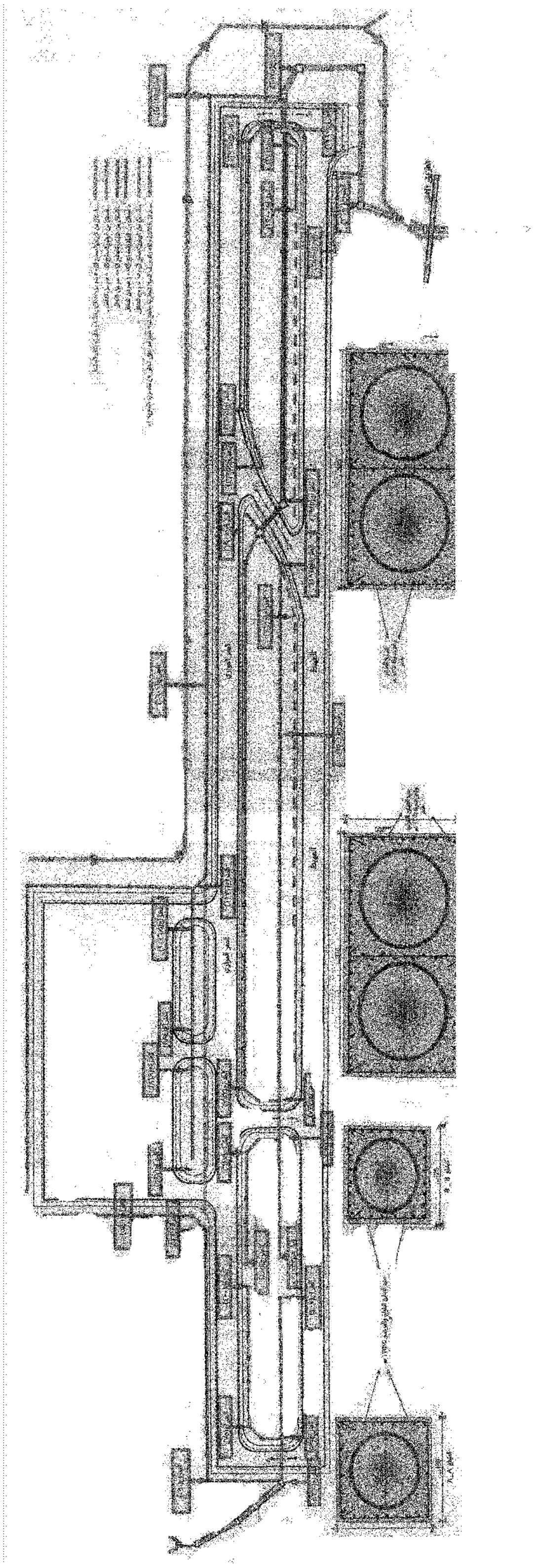
لقد رافق تطور الطائرات خلال القرن الماضي تطوراً في إنشاء المطارات من ناحية طرق بناء المهابط وتنوع تصاميمها المعمارية والإنشائية، وقد جاء هذا التطور في المطارات من أجل إمكانية استقبال طائرات ذات وزن أكبر من الطائرة التصميمية التي تم إنشاء المهبط على أساسها، ويعد القسم الخاص بحركة الطائرات (المهبط ،الساحات ، الممرات) في المطار القسم الأساسي والهام، لأنه القسم المعد لاستقبال وترحيل الطائرات. وقد وجد أن عمليتي الإقلاع والهبوط هما الأخطر في الطيران، حيث تتأثران بشكل كبير بالحالة الهندسية والفنية للمهبط ، لذلك تولى دراسة المهبط الاهتمام الأكبر في تصميم المطارات .

لقد تم تصميم المهبط الرئيسي لمطار الشهيد باسل الأسد في محافظة اللاذقية بطول **2900 m** ، وهذا الطول كافٍ بالنسبة لبعض أنواع الطائرات ، إلا أنه لا يكفي لتدحرج طائرة **(BOING 747)** ، حيث يلزمها مسافة أكبر حتى تتمكن من الإقلاع ، الأمر الذي دفع إدارة المطار إلى التفكير بزيادة طول المهبط الرئيسي باتجاه الجنوب بمقدار **300 m** . حيث يمكن التوسع باتجاه الجنوب، أما التوسع باتجاه الشمال فلم يكن ممكناً على الإطلاق بسبب وجود وادي يحيط بالمطار من الجهة الشمالية . إلا أنها أيضاً اصطدمت بمشكلة جديدة في الجهة الجنوبية وهي ارتفاع منسوب المياه الجوفية فيها، حيث أن ميل أرضية المطار هو باتجاه الجنوب ، والجبال المجاورة تصب مياه حوضها الساكب إلى الجهة الجنوبية للمطار، مما تطلب منها إجراء دراسة لتخفيض منسوب المياه الجوفية، وهو أمر بالغ الأهمية حتى لا تبقى طبقات الرصف عائمة فوق المياه الجوفية الأمر الذي يؤدي إلى تخريبها باستمرار.

من هنا يجب أولاً الاهتمام بعملية تصريف الإطالة، ومن ثم تصميم الطبقات اللازمة لها. وفي مايلي مسقط يبين مطار الشهيد باسل الأسد قبل الإطالة وبعدها :



مخطط يبين :الجزء الغامق للمهبط القديم والجزء الفاتح التوسع الذي حصل



المطار بعد دراسة التوسع وإنشاء الممر الموازي والإطالة وساحة الوقوف

الفصل الأول

1-1 وظيفة نظام الصرف في المطارات :

إن نظام الصرف المناسب لنقل المياه السطحية وتحت السطحية أساسي من أجل أمان الطائرة وديمومة طبقات الرصف . ومن نتائج نظام الصرف غير المناسب وجود الطين على سطح طبقات الرصف ، وهذا الطين بدوره يشكل خطرا كبيرا عند إقلاع وهبوط الطائرات . كما أن لنظام الصرف السيئ أثراً كبيراً في الانهيار المبكر لطبقات الرصف، كما أن الميل الطولي والعرضي والمساحة الواسعة لطبقات الرصف تساهم في وضع الصعوبات أمام تصميم نظام الصرف المناسب في المطارات .

إن إدارة الطيران الفيدرالية(F.A.A) وسلاح المهندسين في الولايات المتحدة الأمريكية قد اعتمدا على المعلومات المعطاة عن أنظمة الصرف في مطارات الولايات المتحدة ،

ووظيفة نظام الصرف في المطارات هي :

- حصر وتحويل المياه السطحية والأرضية الجارية في الأرض والمجاورة للمطارات.
- نقل الجريان السطحي بعيداً عن المطار.
- نقل الجريان تحت السطحي بعيداً عن المطار.

وفي حالات قليلة جداً يكون التصريف الطبيعي كافياً لأداء هذه الوظائف معاً، إلا أنه في أغلب الأحيان يجب إنشاء مصارف اصطناعية .

2-1 تصميم العاصفة المطرية للجريان السطحي :

إن العاصفة المطرية الشديدة جداً (التي لا تحدث إلا نادراً) ستحدث بلا شك بعض الأضرار إذا كان نظام الصرف مصمم من أجل شدة عاصفة أقل ، ومن ناحية ثانية إذا حدث انقطاعات غير متوقعة في الحركة فإن النظام المصمم للعاصفة الأقوى يكون غير مبرر اقتصادياً .

بأخذ هذه العوامل بعين الاعتبار فقد أوصت الـــ (F.A.A) بأن يصمم نظام الصرف في المطارات المدنية من أجل عاصفة مطرية يحتمل حدوثها مرة كل خمس سنوات، وهذا التصميم لا يكون كافياً من أجل عاصفة ذات تردد أقل من (مرة كل 10 أو15سنة..إلخ)

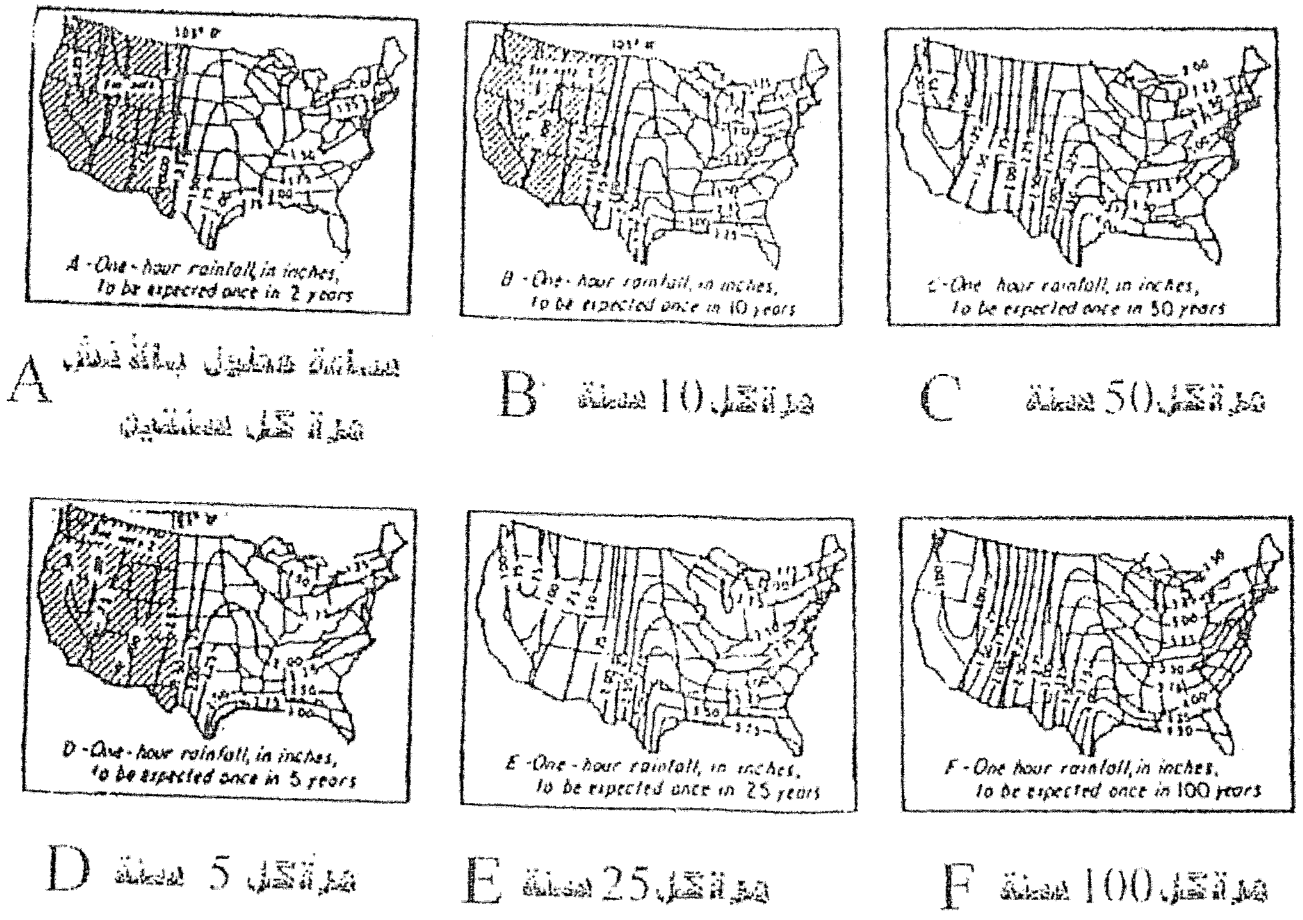
وبالتأكيد سوف تحدث أضرار أو انقطاعات في الحركة ، أما في المطارات الحربية فيتم التصميم من أجل عاصفة مطرية ذات تردد مرة كل سنتين

3-1 تقدير الشدة خلال نموذج العاصفة التصميمية :

إن تقدير كمية المطر التي يتوقع هطولها في موقع المطار هي الخطوة الأولى في تصميم نظام الصرف، ويعبر عن شدة المطر الهاطل بالإنش في الساعة (أو بالمم/ساعة) خلال أوقات مختلفة للعاصفة الخاصة، كما أن التردد المتوقع يعتبر أيضاً عاملاً هاماً، وشدة العاصفة مرتبطة بترددها ، فالعاصفة المتوقع حدوثها مرة كل مائة سنة ستكون أشد من العاصفة المتوقع حدوثها كل خمس سنوات.

أظهر **David.I.Yarnell** (من إدارة الأبحاث الزراعية في الولايات المتحدة الأمريكية) شدة هطول الأمطار لمدة (5-10-15-30-60-120) دقيقة خلال العاصفة المتوقع حدوثها مرة كل خمس سنوات،

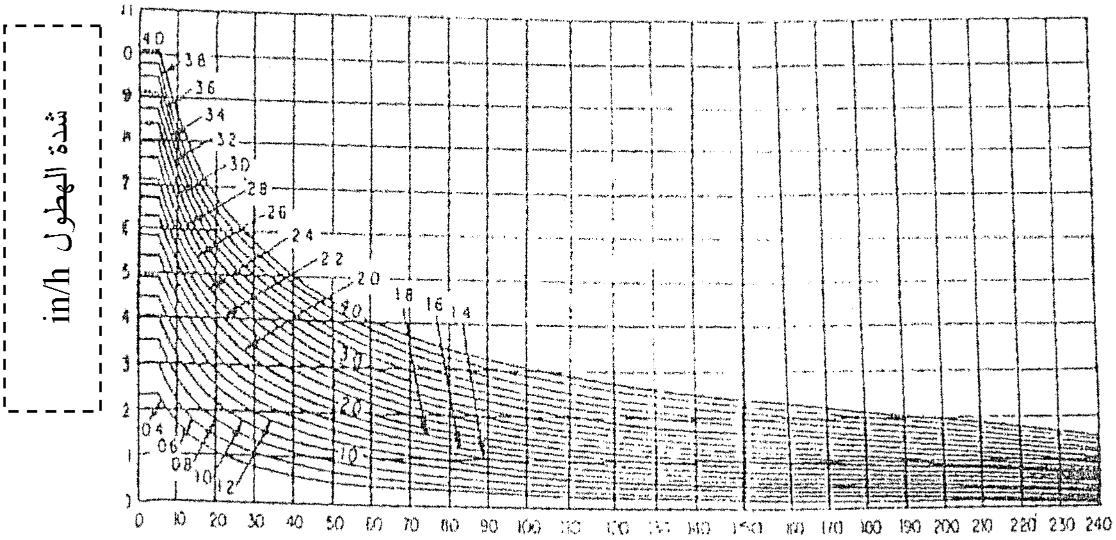
والشدة لمدة ساعة واحدة خلال العاصفة المتوقع حدوثها مرة كل (2-5-10-25-50-100) سنة. يظهر الشكل(1-1) الشدة المطرية لمدة ساعة واحدة خلال العاصفة المطرية المتوقع حدوثها مرة كل(2-5-10-25-50-100) سنة.



الشكل (1-1): شدة الهطول في الولايات المتحدة الأمريكية

إن الشدة خلال ساعة واحدة من العاصفة لا يمكن اعتبارها تمثل الشدة النموذجية لعاصفة مطرية معينة، وقد أجرى سلاح المهندسين في الولايات المتحدة الأمريكية دراسة شاملة على نموذج الهطول في الولايات المتحدة ووجد أن الشدة خلال نموذج العاصفة هي الشدة خلال ساعة هطول واحدة .

وبهذا يمكن القول بأن عاصفتين بتكرارين مختلفين شدتهما الساعية متساوية سيكون لهمانفس الشدة خلال النموذج كما هو مبين في الشكل (1-2) :



مدة العاصفة (min)

الشكل (1-2) : العلاقة بين شدة الهطول ومدة العاصفة المطرية

(**المصدر:** سلاح المهندسين في U.S.A)

فمثلاً إذا كانت الشدة لعاصفة تدوم Ih متوقع تكرارها كل 5-10-15 سنة بالضبط هي (2in/h) فإن الشدة خلال النماذج المتوقعة تتبع النموذج المبين بالمنحني رقم (20)، فإذا كان نظام الصرف المصمم لعاصفة متوقع حدوثها مرة كل 5 سنوات والمعلومات المفصلة حول الشدة معدومة سيمكننا من الشكل(1-2) الحصول على شدة عاصفة تدوم ساعة واحدة .

4-1 تحديد كمية الجريان بطريقة إدارة الطيران الفيدرالية (F.A.A) :

تعتمد الـ (F.A.A) لتصريف سطح المطار على حل المعادلة التالية :

$$Q=C*I*A$$

بحيث :

Q : الجريان في حوض التصريف (L /s)

C : نسبة الجريان السطحي إلى المطر الهاطل (معامل الجريان)

I : شدة المطر الهاطل (mm / h)

A : مساحة سطح التصريف (m^2)

زمن التجميع :

يحدد زمن التجميع بالزمن اللازم لوصول الماء إلى المصرف من أبعد نقطة في المنطقة المصرفة، وأبعد نقطة تحدد بنقطة يكون فيها زمن الجريان كبيراً .

إن زمن التجميع عادة يقسم إلى قسمين : زمن الدخول وزمن الجريان .

زمن الدخول : هو الزمن اللازم ليسيل الماء فوق الأرض من أبعد نقطة في منطقة التصريف إلى المدخل .

زمن الجريان : هو الزمن اللازم ليسيل الماء من مدخل المصرف خلال الأنابيب إلى نقطة في النظام الأقل أهمية ، وأحياناً زمن الدخول يكون نفسه زمن التجميع ، وأحياناً أخرى يكون زمن التجميع هو مجموع زمني الدخول والجريان .

زمن الجريان يمكن تحديده بالعلاقات الهيدروليكية، أما زمن الدخول فيمكن الحصول عليه من المعادلة التالية :

$$D=K*T^2$$

حيث :

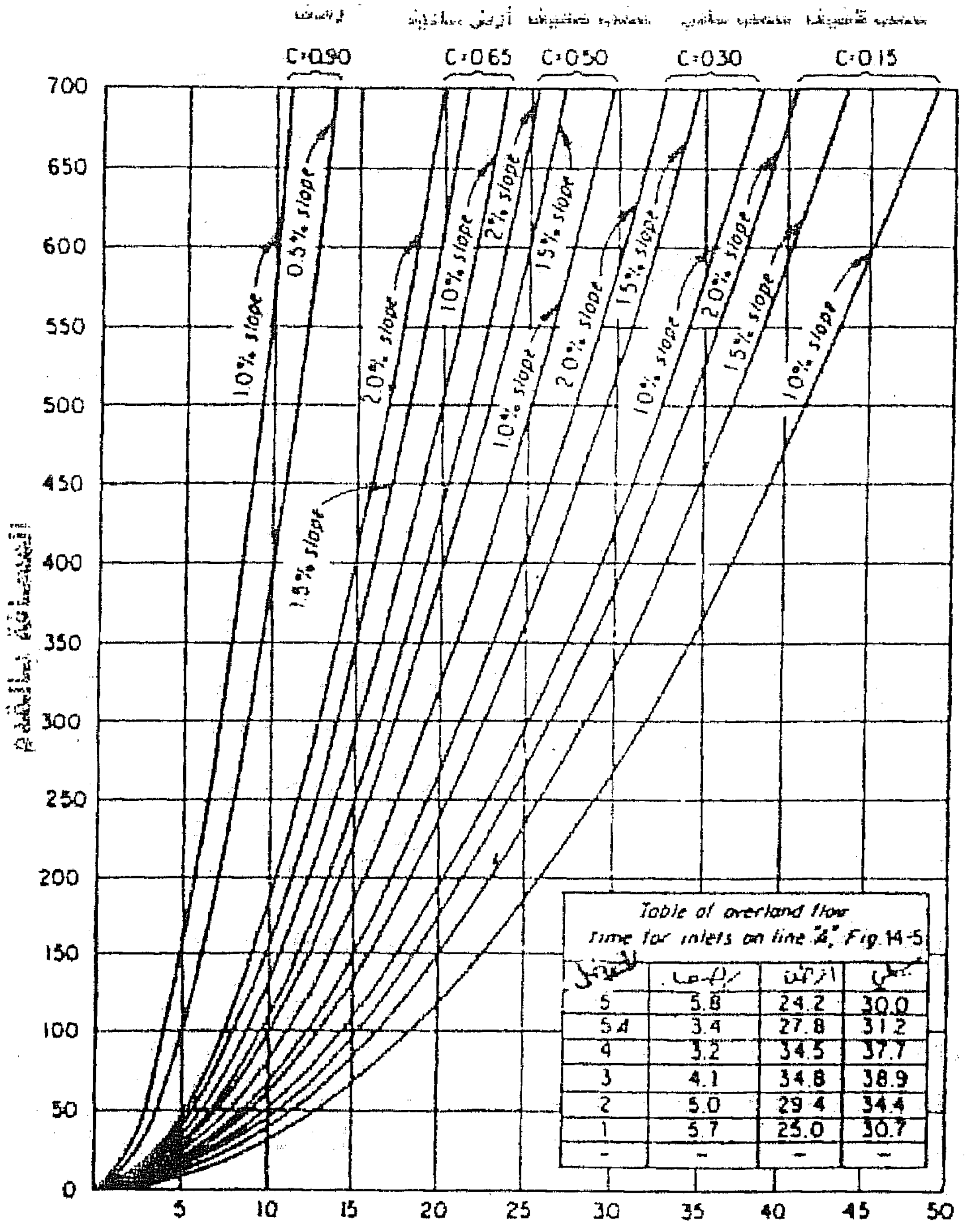
D : المسافة m

T : الزمن min

K: عامل البعد الاختياري الذي يعتمد على الانحدار-خشونة الأرض-حد التغطية النباتية، وعلى المسافة إلى مدخل المصرف، ويمكن تحديد زمن الدخول بواسطة الشكل (3-1) .

معامل الجريان السطحي : إن معدل الجريان متغير من عاصفة لأخرى، ويختلف حتى خلال فترة الهطول الواحدة، وتعتمد درجة الجريان على حالة العاصفة المطرية وعلى الانحدار ونوع السطح وعلى مساحة منطقة التصريف ، إن مجال القيم المقترحة من قبل(F.A.A) مبينة في الجدول (1-1) ، ويمكن تقدير عامل الجريان من أجل منطقة تصريف بأنواع مختلفة من السطوح وقيم مختلفة لعوامل الترشيح بالمعادلة التالية :

$$C=\frac{A_1C_1+A_2C_2+A_3C_3}{A_1+A_2+A_3}$$



[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
5	5.8	24.2	30.0
5A	3.4	27.8	31.2
4	3.2	34.5	37.7
3	4.1	34.8	38.9
2	5.0	29.4	34.4
1	5.7	25.0	30.7
-	-	-	-

الزمن (min)

الشكل (3-1) : منحنيات زمن الدخول

نوع السطح	معامل الجريان السطحي C
سطوح السدود المائية	0.75-0.95
طبقات الرصف الإسفلتية	0.8-0.95
طبقات الرصف البيتونية	0.7-0.9
طبقات الرصف الحصوية	0.35-0.7
التربة الكتيمة الميل من % (2-1)	0.4-0.65
التربة الكتيمة مع التورب % (2-1)	0.3-0.55
التربة قليلة النفاذ % (2-1)	0.15-0.4
التربة قليلة النفاذ مع التورب % (2-1)	0.1-0.3
التربة الضعيفة % (2-1)	0.05-0.2
التربة الضعيفة مع التورب % (2-1)	0-0.1

الجدول (1-1) :معامل الجريان السطحي C (المصدر: FAA، USA)

1-5 تقدير كمية الجريان السطحي بطريقة سلاح المهندسين في U.S.A :

من أجل تقدير الجريان السطحي فإن سلاح المهندسين استخدمت علاقة الجريان السطحي لـــ **R.E.Horton** ، وهذه العلاقة عدلت من قبل سلاح المهندسين كما يلي:

$$q = \sigma \tan^2 \left[0.922 t \left(\frac{\sigma}{n.L} \right)^{\frac{1}{2}} . S^{\frac{1}{4}} \right] \qquad (1)$$

حيث:

q= كمية الجريان(**in^3/h**) أو(**m^3/sec**) لكل فدان من منطقة التصريف.

Q= التصريف الكلي لمنطقة التصريف (**m^3/sec**) .

S= ميل السطح والتدرج الهيدروليكي(مثلاً **1%**) .

t= الزمن أو المدة **$t = t_c + t_d$ (min)**

tc = زمن الجريان على السطح وليس ضمن الأنابيب .

td= زمن الجريان في الأنابيب

σ=معدل الترشيح (النفاذية) in/h

L=مسافة الجريان الفعلية (ft)

n =عامل الخشونة (التأخير)

tc ليست إلا زمن التجميع لمنطقة التصريف المعتبرة، و L هي الطول الفعلي الممثل بطول سطح الجريان من النقطة الأبعد في منطقة التصريف إلى المدخل، مقاسة بالاتجاه الموازي للميل الأعظمي، قبل وصول الجريان إلى المجرى المحدد أو قاعدة المجمع، بإضافة مسافة التدفق في القناة إذا كانت معلومة .
إذا كانت التجمعات مسموحة فإن L يقاس من أبعد نقطة في منطقة التصريف إلى حافة منطقة التجميع .
إن قيمة n المسماة عامل الخشونة (التأخير) هي عامل نموذجي يعطى بالجدول (1−2):

القيمة n	السطح
0.02	رصف ناعم
0.10	أرض عارية خالية من الحجارة
0.30	عشب خفيف أو أرض خشنة السطح
0.40	عشب عادي
0.80	عشب كثيف

الجدول (1−2): قيمة عامل الخشونة **n** (**المصدر:** سلاح المهندسين في U.S.A)

عندما تكون منطقة التصريف مؤلفة من نوعين أو ثلاثة من الأغطية فإن معدل معامل التأخير يقدر على سبيل المثال: إذا كانت المنطقة مؤلفة من **4** فدان من العشب العادي و**2** فدان من الرصف الناعم فمعدل عامل التأخير يساوي :

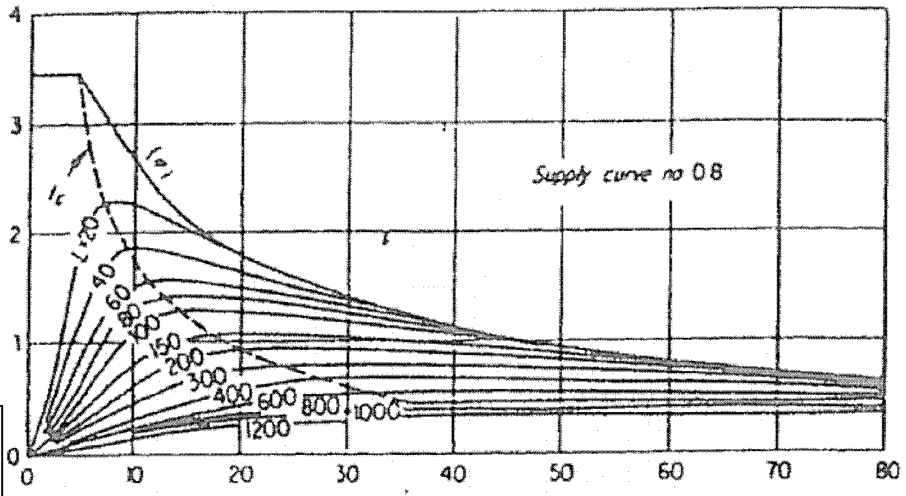
$$n = \frac{4(0.4)+2(0.02)}{6} = 0.27$$

معدل الترشيح σ :

إن استخدام قانون **Horton** (السابق) يتطلب حساب كمية المطر الهاطل والممتص من الأرض، والذي لا يظهر كجريان، وهذا ما يدعى بالترشيح، ويوضح كنسبة بالإنش في الساعة، لذا فإن شدة الهطول (in/h) الأصغر لمعدل الترشيح تساوي نسبة الجريان أو النسبة **σ** المعطاة بعلاقة الجريان. معدل الترشيح تابع لنوع تربة الغطاء ومحتوى الرطوبة ودرجة حرارة الجو ، كما أن معدل الترشيح غير ثابت خلال العاصفة، ولكن يمكن أن يفترض في الحسابات، ويمكن أن نشعر بأن الافتراض معقول خاصة إذا كانت التربة قريبة من الإشباع عن معدل الترشيح للسطوح المبلطة،عادة يفترض صفر، ومعدل الترشيح لأنواع أخرى من السطوح ولتربة الغطاء تقدر حسب الخبرة.
القيمة **0.5in/h** افترضت للمنطقة المعشبة وهكذا إذا كانت شدة الهطول على الأرض المعشبة **2in/h** فالمعدل يزيد وتكون **σ =1.5in/h** .

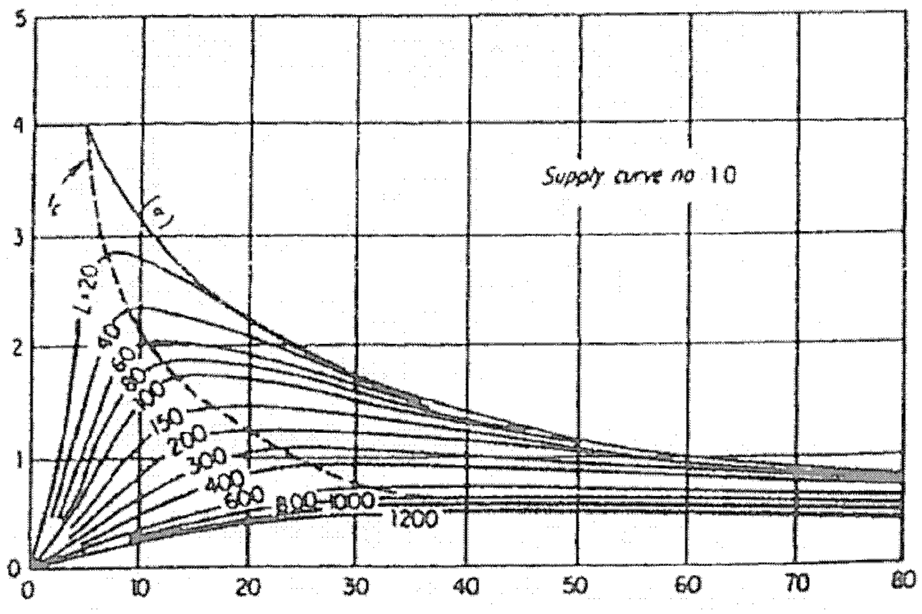
منحنيات النفاذية القياسية :

باستخدام العلاقة **(1)** فإن النسبة العظمى للجريان **q** والتي تعطي معدل ترشيح **in/h (0.5,1,1.6,1.8)** تظهر في الشكل (**1-4**) و(**1-5**)، والقيمة العظمى للجريان أيضاً تظهر بالنسبة **in/h (3.4,3.2,2.8,2.6,2.2,1.4,1.2,0.6,0.4)** .



in/h القيمة العظمى للجريان

مدة الترشيح min



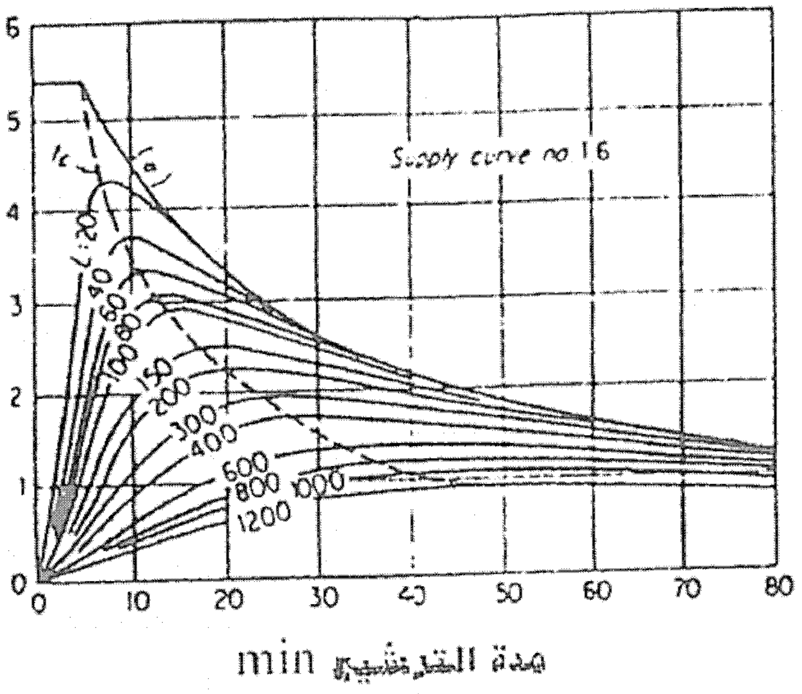
L=الطول

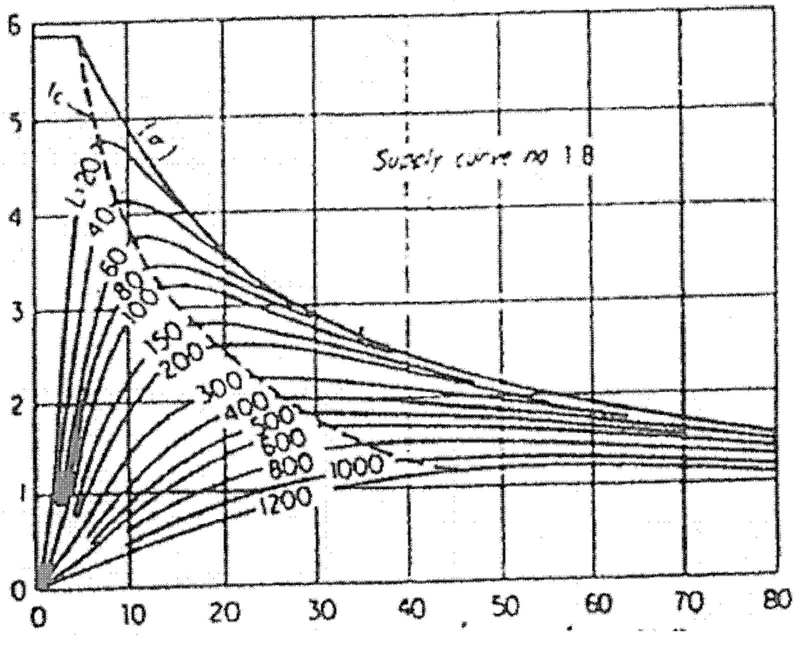
σ = معدل الترشيح

T_c= الزمن الحرج للجريان

الشكل (1-4) :منحنيات الترشيح (النفاذية) القياسية

القيمة العظمى للجريان in/h





مدة الترشيح min

L=الطول

معدل الترشيح = σ

الزمن الحرج للجريان =T_c

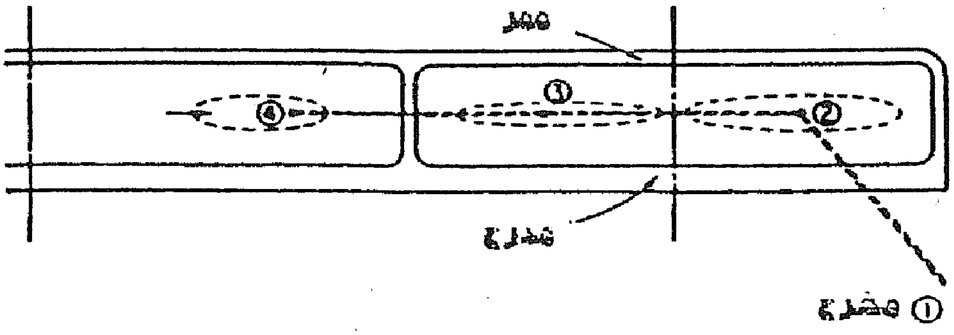
الشكل (1-5) : منحنيات الترشيح (النفاذية) القياسية

1-6 تخطيط سطح التصريف :

إن المرحلة النهائية من الخريطة الطبوغرافية للمدرج والطرقات الجانبية والساحات تساعد جداً في تخطيط نظام التصريف للعاصفة المطرية.

ويجب أن تجرى عدة محاولات لتخطيط نظام التصريف قبل اختيار الحل الأكثر اقتصادية، وجميع مراحل تصريف العاصفة المطرية يجب أن تحافظ على السرعة الأصغرية (**2.5ft/s**) التي تؤدي إلى التنظيف الكافي، وإلى التخلص من كافة الترسبات التي قد تؤدي إلى مشاكل، وللمحافظة على حالة مناسبة من الجريان في كامل الزمن فإن قطر تصريف العاصفة المطرية لن يكون أقل من **12in**.

يجمع ماء منطقة التصريف بواسطة المداخل إلى نظام التصريف، ويتألف المدخل المنشأ من صندوق من البيتون مغطى بشبكة من القضبان المصنوعة من الحديد الصب أو من الفولاذ أو البيتون المسلح. هذه الشبكات تكون مدعمة من أجل أحمال عجلات الطائرات وسوف تكون مصممة لتقاوم أحمال الطائرات التي سوف تستخدم المطار،وتوضع هذه المداخل بفواصل مختلفة من **200- 400 ft**، وموقع المداخل يعتمد على تضاريس المطار وعلى تدرج الأرض، وعادةً إذا كان هناك طريق جانبي موازي للمدرج فإن المداخل توضع في المنخفض بين المدرج والطريق الجانبي، كما في الشكل (1-7) . إذا لم يكن هناك طرقات جانبية فإن المداخل توضع بالقرب من حافة الرصف للمدرج أو على طرف منحدر المنطقة المتدرجة.

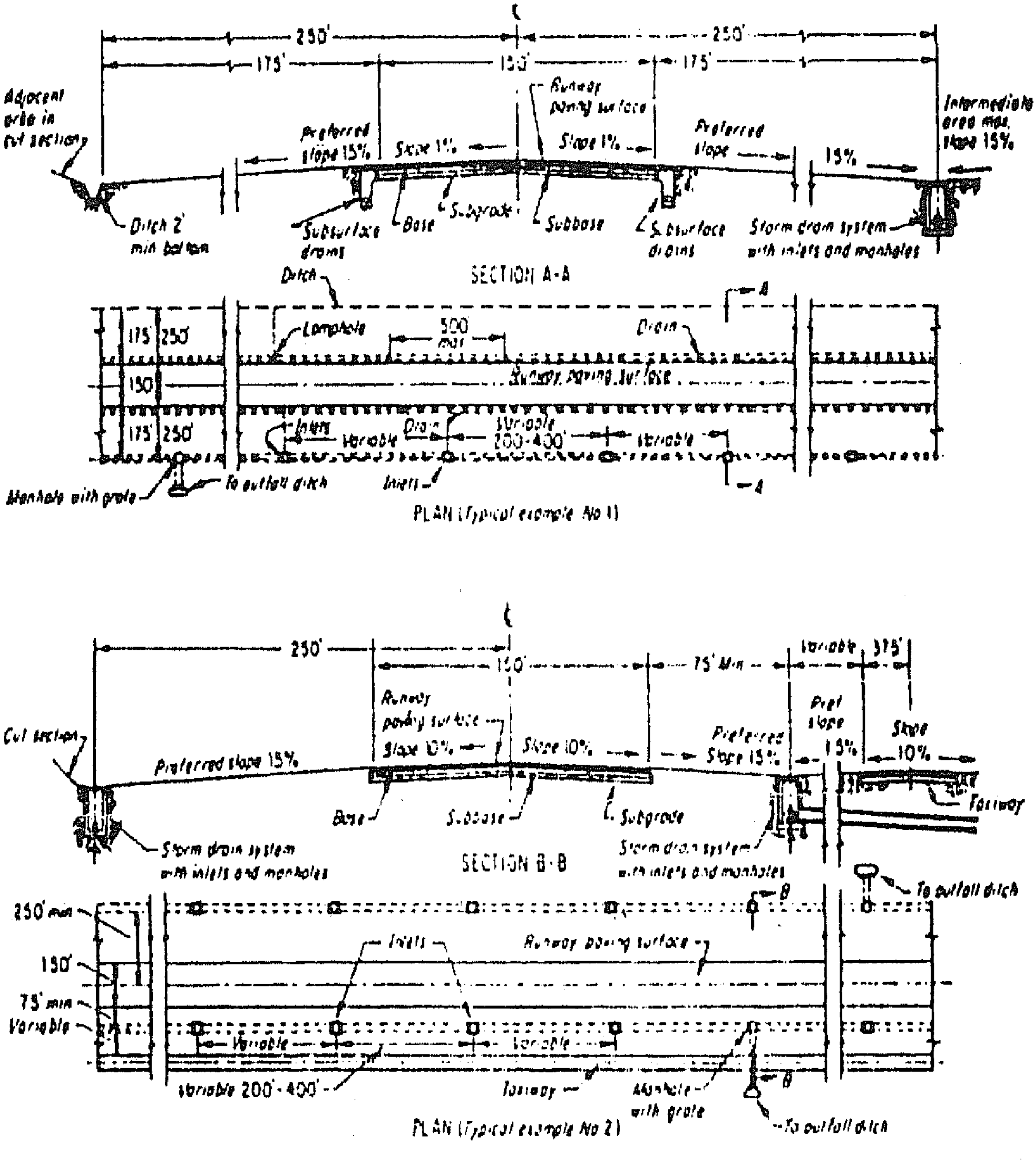


الشكل (1-7) : مقطع من المطار يبين مخطط التصريف

في الممرات توضع المداخل في الرصف المناسب، وهذه هي الطريقة الوحيدة التي يمكن فيها تصريف الممرات الكبيرة، وجميع الشبكات يجب أن تثبت إلى إطارات بحيث تقلل من الاهتزاز الحاصل نتيجة الحركة (انظر الشكل(**1-8**))

إن عمق التغطية المناسب فوق الأنابيب يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار من أجل مقاومة الحركة، والعمق الأصغري المقترح للتغطية مبين في الجدول (**1-3**).

ومن أجل تصميم نظام التصريف للعاصفة المطرية فقد أعطي معامل الخشونة **n** لأنواع مختلفة من الأنابيب والقنوات المفتوحة في الجدول (**1-4**).



الشكل (1-8) :مقطع تصريف الرصف المقترح

(الجدول 1-3): العمق الأصغري المسموح بـــه للتغطية فوق الأنبوب																
رصف مرن																
تغطية الأنبوب																
	القطر الاسمي للأنبوب (in)								القطر الاسمي للأنبوب(in)							
نوع الأنبوب	12	18	24	30	36	42	48	60	12	18	24	30	36	42	48	60
	حمولة العجلات 1500lb								حمولة العجلات 3000lb							
أنبوب بالوعة غضاري	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5				3.0	3.5	4.0	4.5	4.5			
أنبوب مجرور غضاري	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0				2.5	3.0	3.0	3.0	3.0			
أنبوب بالوعة بيتوني	2.5	3.0	3.0						3.0	3.5	4.5					
=(ضغط عالي)	1.5	1.5	2.0						2.5	3.0	3.0					
مجرور بيتون مسلح																
صنف I								3.0								3.5
صنفII	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5
صنفIII	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0
صنفIV	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
صنفV	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
أنابيب معدن محلزن قياس																
16	1.0	1.5	1.5						1.5	2.0	2.0					
14	1.0	1.0	1.0	1.5	2.5				1.0	1.0	1.5	2.0	2.5			
12	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0		1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	2.5	
10			1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5			1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5
8				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0					1.0	1.5	1.5	2.0

	حمولة العجلات 45000lb								حمولة العجلات 60000lb							
أنبوب مجرور غضاري	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0				3.5	4.0	4.5	4.5	5.0			
أنبوب مجرور بيتوني (ضغط عالي)	3.0	3.5	3.5						3.5	4.0	4.5					
مجروربيتونمسلح																

صنفI																
صنفII	3.0	3.5	3.5	4.0	4.5	4.5			3.5	4.0	4.5					
صنفIII	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.5			
صنفIV	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0
صنفV	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0
أنابيب معدن محلزن قياس																
16	2.0	2.5	3.0						2.5	3.0	3.5					
14	1.5	2.0	2.5	3.0	3.0				2.0	2.5	3.0	2.5	4.0			
12	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5		1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.0	
10			1.5	2.0	2.0	2.5	3.0	3.5			2.0	2.5	3.0	3.5	3.5	4.0
8					1.5	2.0	2.5	3.0					2.5	3.0	3.0	3.5
	القطر الاسمي للأنبوب in								**القطر الاسمي للأنبوب**							
نوع الأنبوب	12	18	24	30	36	42	48	60	12	18	24	30	36	42	48	60
حمولة الاسمي العجلات 45000lb									**حمولة العجلات 60000lb**							
مجرور بيتون مسلح																
صنفI																
صنفII																
صنفIII	3.0	4.0	4.5	4.5	5.0				3.5	4.5	5.0	5.0	5.5			
صنفIV	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	3.5	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0	5.0	5.5
صنف`V	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0			3.5	3.5	3.5	4.5	4.5	4.5
أنابيب معدن محلزن قياس																
16	3.0	3.5	4.0						3.5	4.0	4.5					
14	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5				3.0	3.5	4.0	4.5	5.0			
12	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		3.0	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	
10			2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0			3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
8					3.0	3.5	4.0	4.5					3.0	4.0	4.5	5.0

الجدول (1- 3)

ملاحظات:

1-عمق التغطية مقاس من قمة الرصف المرن أو من المنطقة السفلية إلى قمة الأنبوب

2- التغطية في المناطق الغير مستخدمة من قبل الطائرات توافق التغطية اللازمة لحمولة عجلات **1500lb** .

3- الأنابيب الموضوعة تحت الرصف الصلب يجب أن تغطى بـــ **lft** مقاسًا من قمة البلاطة .

4- العمق الأصغري المسموح به للتغطية فوق الأنبوب غير مزود لمقاومة حالات الصقيع التي تحدث في المناطق المتجمدة.

الجدول (1-4): معامل الخشونة حسب نوع الأنابيب المستخدمة

نوع الأنبوب	**n**
أنابيب من الغضار والبيتون:	
صف جيد- وصلات انسابية -تحويلات انسيابية	0.013
أقل إيجابية لحالة الجريان	0.015
أنابيب المعدن المحلزن:	
100%من المحيط الخارجي مرصوف بانسيابية	0.013
رصف مقلوب50%من المحيط الخارجي مبلط	0.018
رصف مقلوب -25%من المحيط الخارجي مبلط	0.021
غير مرصوف -غطاء بيتوني أو غير مرصوف	0.021
القنوات المفتوحة	
مرصوفة	0.015-0.020
القنوات المفتوحة غير المرصوفة:	
أرض جرداء-جريان قليل العمق	0.020-0.025
أرض جرداء-عمق أكثر من lft	0.015-0.020
عشب-جريان قليل العمق	0.06-0.08
عشب -عمق الجريان أكثر من lft	0.04-0.06

7-1 : أنواع الأنابيب:

تستخدم في التصريف الأنواع التالية من الأنابيب:

1-أنابيب من المعدن المثقب أو البيتون أو الغضار الزجاجي ويتم الوصل باللحام. والثقوب عادة توزع بمعدل **1** إلى **3** على محيط الأنبوب، والمنطقة المثقبة عادة توضع مجاورة للتربة .

2- الأنابيب (الذكرية-الأنثوية) وتوضع بوصلات حرة والغضار الزجاجي والحديد الصب والبيتون يتم تصنيعها بشكل أنابيب(ذكري- أنثوية) .

3- أنابيب البيتون المسامي وتجمع الماء بالارتشاح من السطح البيتوني للأنبوب، وهذا النوع من الأنابيب يوضع بوصلات ملحومة.

4- أنبوب من الغضار الزجاجي والحديد الصب وهو نوع خاص من الأنابيب (الذكرية - الأنثوية) يحتوي شقوق على الفتحات.

5- الآجر الحقلي ويصنع من الغضار أو البيتون بفواصل صغيرة للسماح بدخول الماء، وهذا النوع من الأنابيب نادر الاستخدام في مشاريع المطارات.

ميل الأنابيب وقياسها:

أظهرت الخبرة أن قطر تصريف **6in** مناسب عدا في الحالات التي تكون فيها المياه الجوفية أعظمية، وإذا أردنا فإنه يمكن تقدير الجريان وسطياً حسب نظريات تصريف التربة.وتحتاج هذه النظريات إلى معرفة تأثير المسامية وعامل النفاذية للتربة الواجب تصريف الماء فيها ، كما يجب التركيز على الأنبوب والمسامية التي يجب أن يجري الماء بها حتى يصل إلى المصرف، ونادراً ما تكون نظرية حساب قطر الأنبوب مضمونة.

إن الميل الأصغري الواجب توفره للمصارف هو **0.15ft** لكل **100ft** والسماكة الصغرى لمادة الفلتر المحيط بالمصرف **6in** والتدرج الحبي لمادة الفلتر تدرس في فقرة لاحقة (1-9) .

8-1: حفر التفتيش والأنابيب الصاعدة:

توضع حفر التفتيش والأنابيب الصاعدة عادة على طول المصرف بهدف المراقبة والتنظيف، وقد أوصى سلاح المهندسين في U.S.A بأن توضع حفر التفتيش كل **1000ft** وأنبوب صاعد واحد في منتصف المسافة بين الحفر، وتوضع الأنابيب الصاعدة لتتمكن من إدخال خرطوم المياه لتنظيف النظام، كما توضع حفر التفتيش للسماح بمراقبة الأنابيب .

9-1 التدرّج الحبّي لمواد الفلتر:

إن مصطلح مواد الترشيح ينطبق على المواد الحبيبة التي تستخدم مثل تربة الردم الموضوعة في خنادق التصريف التحتي للسماح للماء بالوصول إلى المصرف ، ومواد الترشيح تكون في معظم الأحيان أكثر نفاذية من تربة الحماية ، وإذا كانت نفاذية مواد الترشيح عالية فإن أجزاء التربة سوف تدخل إلى مادة الترشيح وتسدها أو توحلها. يعتمد سلاح المهندسين على بعض الدراسات التي تؤدي إلى تصميم تجريبي لمواد الترشيح التي وجدت بالاختبارات وقواعد اختيار المرشحات كمايلي:

1-لمنع التوحل أو انسداد ثقوب الأنبوب بالمادة المرشحة يجب أن يكون :

$$\frac{\text{85\% من المادة المرشحة (وزنا)}}{\text{قطر الثقب}} > 1$$

2-لمنع دخول أجزاء من تربة الحماية إلى المادة المرشحة يجب أن يكون:

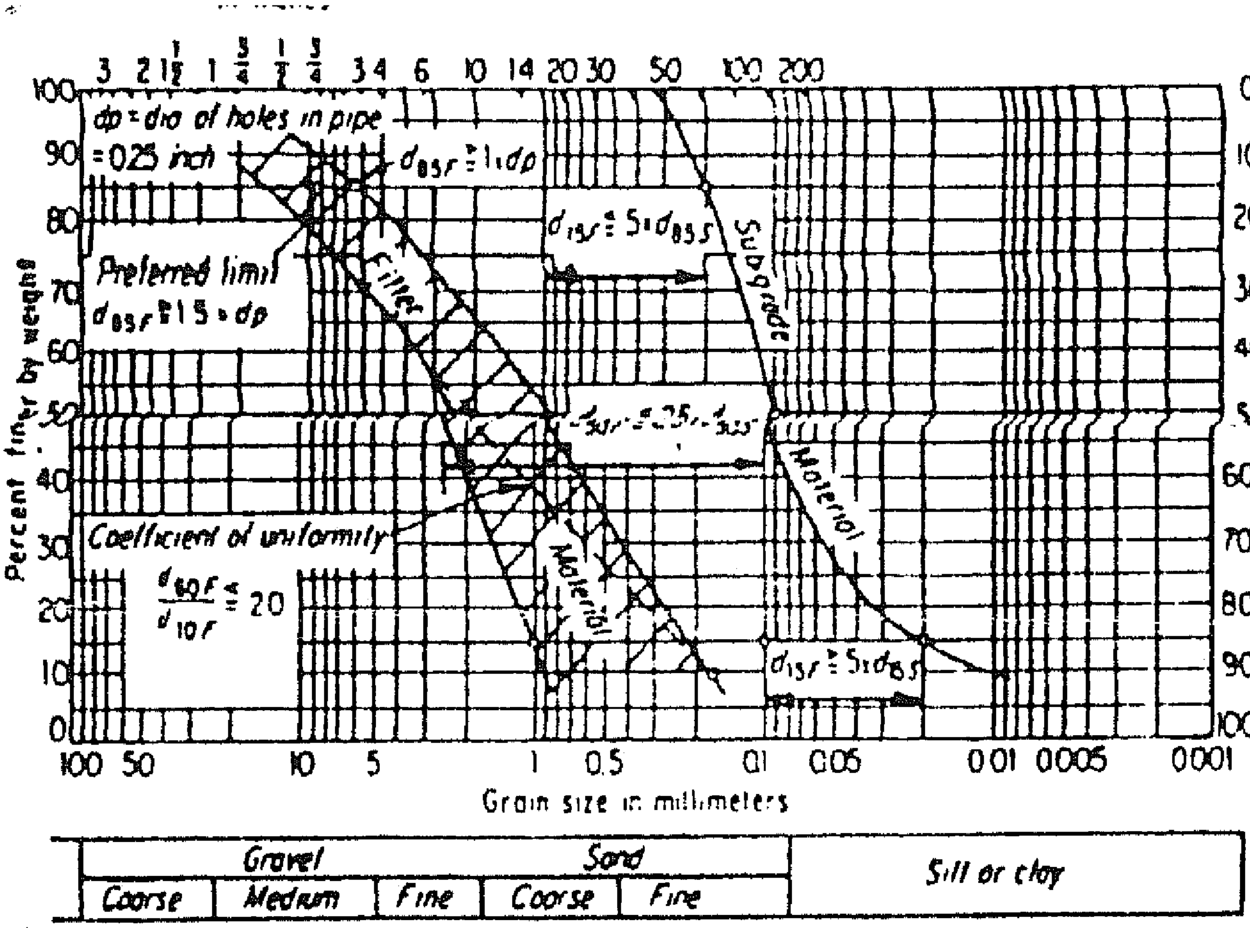
$$\frac{\text{15\% من المادة المرشحة}}{\text{85\% من تربة الحماية}} \leq 5$$

$$\frac{\text{50\% من المادة المرشحة}}{\text{50\% من تربة الحماية}} \leq 25$$

3-للسماح للماء بالوصول على الأنبوب يجب أن تتحقق العلاقة:

$$\frac{\text{15\% من المادة المرشحة}}{\text{15\% من تربة الحماية}} \leq 5$$

ومثال نموذجي للتصميم لمواد الترشيح مبين في الشكل (1-9) :



الشكل (1-9) : مثال نموذجي لمواد الترشيح

لقد أثبت الرمل الطبيعي بأنه مادة مناسبة للاستخدام كمادة مرشحة في التربة الناعمة ، والتدرج المفرد لمادة الترشيح يفضل لأنه سهل التنفيذ . مواد الترشيح تفيد في عزل الخنادق الموضوعة بها. وللتقليل من هذا الميل فإن المواد المستخدمة يجب أن لا يكون معامل انتظامها أكبر من **20** ولنفس السبب المواد المرشحة يجب أن لا تكون منقطعة التدرج، والمواد المرشحة عادة توضع في الحالة الرطبة ووجود الرطوبة يفيد في تقليل العزل.

قابلية تصريف التربة:

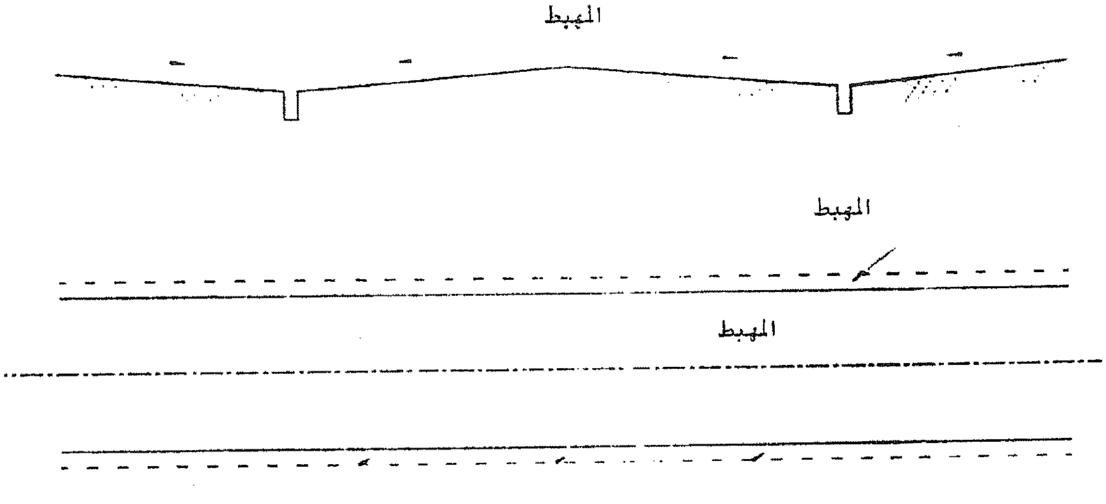
هناك أنواع محددة من التربة مثل الرمل الحصوي- الرمل- التربة الرملية الطينية تصرف نفسها بنفسها أو تحتاج إلى طبقة رقيقة جداً من المصارف التحتية .

والمصارف التحتية يمكن أن تؤثر في تصريف الغضار الطيني أو الرم الغضاري والسيلت الطيني. وكمية الرمل في هذه الترب يمكن أن تحدد قابلية تصريفها .

والترب التي تحتوي كمية كبيرة من السيلت والغضار فإن التصريف التحتي فيها يصبح مشكلة معقّدة .

مداخل التصريف :

يجمع الماء الناتج عن عملية التصريف بواسطة خنادق جانبية يوضع عليها غرفة تفتيش كل **60m** . سنقوم بوضع خنادق التصريف في المنطقة المنخفضة على جانبي المهبط وذلك كي تستطيع جمع مياه الأمطار المتساقطة والجارية على سطح المهبط، ويوضح الشكل (1-10) مكانها على المقطع العرضي:



الشكل (1-10) : مدخل الصرف

إن المواد الراشحة الحصوية التي تتوضع في الخنادق تقلل من التصريف إذا كان عامل انتظامها أقل من **20** (حيث يجب أن يكون عامل انتظامها أكبر من **20**) . لنفس السبب يجب أن لا تملك المواد الراشحة تدرج حبي غير منتظم ، علما أن المواد الراشحة يجب أن توضع دائماً في حالة رطبة.

10-1 الدراسةالمائية للعبّارات :

يمكن ذكر الملاحظات التالية قبل البدء بالدراسة المائية للعبّارات :

- تسبب أجنحة العبّارة، والتي هي جدران استنادية على جانبي العبارة، تضيق في مجرى السيل وزيادة ارتفاع في ماءالجريان في مجرى السيل قبل دخوله العبّارة.
- يجب تامين ميل يتراوح بين (0.001....0.005) لمسافة 100m قبل مدخل العبارة وللعبارة نفسها وكذلك مسافة 100m بعد مخرجها ، وذلك لتأمين التصريف بشكل جيد.
- يجب رصف أرضية مدخل العبّارة ومخرجها بالحجارة الصلبة أو صبها بالبيتون لمنع الحت والمحافظة على الميل.
- في الجريان الحر ضمن العبّارة تترك مسافة فراغ بين أعلى الماء وأسفل سقف العبارة لا تقل عن (0.5m)، وعادةً تكون نسبة الامتلاء بين % 80 و60%، للسماح للعوائق الصلبة من غصون الأشجار وغيرها بالمرور داخل العبارة دون إعاقة الجريان أو تخريب سقف العبارة.
- يجب تعزيل الرواسب وتنظيف وتشذيب أرضية المجرى قبل وبعد مداخل العبّارة مرة في العام على الأقل في نهاية فصل الصيف للمحافظة على التصريف الجيد للعبّارة .
- تنفذ العبّارات بالمقاطع والأشكال التالية:

  A-مقطع دائري (قسطل) تصنع من البيتون أو الفولاذ

  B-مقطع مربع(b=1)

  C-مقطع مستطيل(b<1)
- يتضمن تصميم منشأة العبّارة المراحل التالية :

  *دراسة هيدرولوجية / حساب تدفق السيل المطلوب تصريفه /

  *دراسة هيدروليكية /تحديد مقطع وأبعاد العبارة /

  *دراسة إنشائية /تحديد أبعاد وسماكة البيتون والتسليح للعبّارة/

الدراسة الهيدرولوجية للعبارات:

تتم الدراسة الهيدرولوجية للعبّارات وفق الخطوات التالية :

1- باستخدام مخططات مقياس (1/50000 أو 1/25000) يتم رسم حدود الحوض الساكب المغذي للمجرى المائي،الذي تقام عليه العبارة، حيث تعتبر العبارة مخرج الحوض الساكب . و يتم حساب مساحته A (**Km^2**) وطول مجرى السيل الرئيسي فيه L(Km) , وفرق المنسوب بين بداية ونهاية المجرى وميله باتجاه الجريان.

2- أخذ بيانات الهطول المطري اليومي الأعظمي السنوي h_{max} (mm/day) لمدة 20عام على الأقل من المحطات المناخية الموجودة في منطقة الدراسة ونأخذ المتوسط لها، باستخدام طريقة (تيشن) أو طريقة خطوط تساوي الهطول ...إلخ .

3- نحسب القيم الإحصائية لهذه البيانات وهي:

- الوسط الحسابي الموزون($\bar{h}$):

$$\bar{x} = \sum_{1}^{n} \frac{hi}{n}$$

- الانحراف المعياري (القياسي)(б) :

عندما $n > 30$:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}\left(h - \bar{h}\right)}{n}}$$

عندما $n \leq 30$:

0

- عامل التغيير (cv): $C_V = \frac{\sigma}{N}$
- عامل عدم التناظر(أمثال الانعراج) (Cs):

عندما $n < 60$:

$$c_s = \frac{\sum_{1}^{n}\left(h - \bar{h}\right)^3}{(n-1)\sigma^3}$$

عندما $n \geq 60$:

$$c_s = \frac{\sum_{1}^{n}\left(h - \bar{h}\right)^3}{n\sigma^3}$$

- نحسب الهطول الأعظمي اليوميh_{max} (mm/day) المتوقع كل (1000,100,50,20) عام وذلك حسب الشروط المطلوبة في تصميم المنشأة المائية/طريق رئيسي أتوستراد نأخذ h_{max} من أجل 100عام،طريق فرعي أو ثانوي نأخذ h_{max} كل 50عام/ من المعادلة التالية :

$$h\max = \bar{h} + \alpha\sigma$$

h_{max}:الهطول الأعظمي اليومي (mm/day)

h: هي الوسطي الحسابي الموزون لسلسلة قيم الهطول المطري اليومي الأعظمي السنوية المأخوذة من المحطة المناخية .

σ: الإنحراف المعياري لسلسلة قيم الهطول المطري اليومي الأعظمي السنوية .

α:عامل تواتر (أو تردد) ويعطى حسب معادلة (غامبل) التالية:

$$\alpha = -0.78\left[0.58 + \ln\ln\left(\frac{N}{N-1}\right)\right]$$

N: فترة التكرار بالسنوات / مثلا كل 100سنة N=100 /

- نحسب زمن تركيز الحوض الساكب من إحدى المعادلات الثلاث التالية ونأخذ أقصر زمن (الحالة الأسوأ) :

- **معادلة جيادوتي :**

$$T_c = \frac{4\sqrt{A}+1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}$$

حيث:

T_c: زمن التركيز بالساعة (hours)

L:طول مجرى السيل الرئيسي(Km)

A:مساحة الحوض الساكب (Km^2)

ΔH:الارتفاع المتوسط للحوض (m) ويحسب كمايلي :
(منسوب القمة+ منسوب فم الحوض) / 2

- **معادلة كيربش** :

$$T_c = \left(0.868\frac{l^3}{H}\right)^{0.385}$$

T_c:زمن التركيز بالساعة

L:طول مجرى السيل الرئيسي في الحوض (Km)

H:فرق الارتفاع بين بداية ونهاية مجرى السيل الرئيسي (m)

- **معادلة توروزا :**

$$T_c = 0.108\frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{I}}$$

T : زمن التركيز بالساعة

A:مساحة الحوض الساكب (Km^2)

L:طول مجرى السيل الرئيسي(Km)

I: ميل مجرى السيل الرئيسي(%)

- نحسب عاصفة مطرية تصميميّة مدتها تساوي زمن تركيز الحوض الساكب باستخدام المعادلة التالية:

$$h\Delta = h_{\max}\left(\frac{T_c}{1440}\right)^{0.25}$$

h_Δ:ارتفاع الهطول المطري للعاصفة الموافق لزمن تركيز الحوض الساكب .

h_{max}: هطول مطري أعظمي يومي كل (1000، 100 ،50 ،20) عام محسوبة سابقاً بواسطة معادلة (غامبل) .

T_c:زمن تركيز الحوض الساكب الذي تم اعتماده بالبند أعلاه بالدقائق(min)

– نحسب شدة العاصفة المطرية التي مدتها تساوي زمن تركيز الحوض الساكب من المعادلة :

$$i = \frac{h\Delta}{T_c}$$

نحسب التصريف الأعظم باستخدام المعادلة التالية :

$$Q = \frac{C.I.A}{3.6}$$

C:عامل الجريان السطحي وهو نسبة حجم الجريان السطحي على حجم الهطول المطري

A : مساحة الحوض الساكب (Km^2) .

I : شدة العاصفة المطرية (mm/h) .

ويحدد بالقياس (المخطط المائي) وفي حال عدم معرفته يؤخذ من المراجع من جداول خاصة .

<u>11-1</u> الطرق التقريبية لتحديد تدفق مجرى السيل:

1- يمكن تعيين تدفق مجرى السيل بالاعتماد على ميل المجرى الطبيعي (i) وعلى المقطع المبلول لمجرى السيل(a)، والذي يناسب المنسوب الأعظمي لمياه السيل(دراسة المقطع العشوائي) باستخدام معادلة مانينغ.

تخلف السيول آثاراً في مجراها يمكن تحديدها بسهولة بالزيارة لموقع الدراسة، تسمح هذه الآثار بتحديد المنسوب الأعظمي الذي بلغه السيل.

ويتم تحديد عامل الخشونة n المناسب لمعادلة (مانينغ) من جدول خاص أعطاه (هورتون)، ويتراوح عامل الخشونة من 0.15 لمجرى مائي يحتوي على كثير من النباتات إلى 0.025 لسرير أرضية مجرى مائي لا يحتوي على نباتات وجوانب السرير ظاهرة وقائمة .

باستخدام معادلة(مانينغ) لجريان الماء الحر في المجاري المكشوفة التالية:

$$Q = a.R^{2/3}\, j^{1/2}$$

حيث :

n:عامل الخشونة

Q:تدفق السيل (m^3/sec)

a:السطح المبلول للمقطع الجريان (m^2)

R:نصف القطر الهيدروليكي لمقطع الجريان (m) (R= a/p)

P:المحيط المبلول (m)

j:الميل الطولي لمجرى السيل

2- يمكن الاعتماد على مواصفات منشآت هندسية (جسور وعبارات....) قد توجد على نفس مجرى السيل ودراسة أدائها. إن الآثار المختلفة التي تتركها السيول أثناء مرورها ضمن هذه المنشآت الهندسية تعطي فكرة عن أهمية تدفق مجرى السيل.

3- المقارنة مع أحواض ساكبة مجاورة لها نفس الخواص الهيدرولوجية، والتي يتوفر فيها البيانات المطلوبة، نلجأ إلى اعتماد التشابه في دراسة الحادثة الهيدرولوجية عندما تقل المعطيات الهيدرولوجية الواجب توفرها لحوض ما. ويتم اللجوء إلى التشابه مع أحواض ساكبة تقع تحت تأثير شروط مناخية متشابهة، وذات تشابه في نوعية الغطاء السطحي .

والمطلوب الحصول عليه هنا:

1- أمثال الجريان السطحي

2-القيم الأعظمية لتدفق مجرى السيل

3-المخطط المائي

تحديد أبعاد مقطع العبّارات (الدائرية أو الصندوقية) :

A حالة جريان مضغوط:

يجري تصميم العبارة ضمن الفرضيات التالية:

*سرعة الماء ضمن العبارة من أجل التدفق التصميمي يتراوح بين (2.5- 4.5m/s)

*الحمولة المختارة عند مدخل العبارة ($h_1= kv^2/2g$)

g:التسارع الأرضي(m/s^2) .

K:ثابت يؤخذ عادةً بحدود (1-1.5) .

*يجب ألاّ يقل ارتفاع الماء أمام العبارة عن (15-20cm) للتغلب على الضياعات الموضعية ضمن العبّارة .

*ضمن هذه الشروط فإن معادلة الجريان المائي المضغوط ضمن العبارة تكتب بالشكل :

$$Q=\zeta a\sqrt{2gh}$$

ζ:عامل ضياع الحمولة، ويتبع قطر العبّارة وطولها وطبيعتها ويعطى بجدول خاص للعبّارات الدائرية وجدول خاص للعبّارات الصندوقية وذلك من أجل طول للعبّارة يساوي حتى 15m.

h:حمولة الجريان المائي وتعطى بالمعادلة التالية:

$$h=h_1-h_2+il-\Delta h$$

i:ميل العبارة وهو بحدود 0.01

Δh:ضياع حمولة إضافي من أجل الطول الزائد عن 15m

ΔL:الطول الإضافي عن 15m $\qquad \Delta h=j\Delta L$

j: الميل الطولي ويحسب من معادلة مانينغ التالية:

$$Q = (a.R^{2/3} .j^{1/2}) / n$$

$$j = (n.Q)^2 / (a^2. R^{4/3})$$

n: عامل الخشونة ويؤخذ للبيتون 0.015

a: المقطع المائي(m^2)

R:نصف القطر الهيدروليكي (m) .

إن حل معادلة الجريان المضغوط ضمن العبّارة من أجل قيمة معطاة للتدفق الأعظمي (Q) وقيمة مفروضة للحمولة(h) أمام العبّارة يعطي قيمة مقطع العبّارة (a) .

<u>B</u> حالة الجريان الحر:

يحسب التدفق المار في العبّارة بالاعتماد على معادلة شيزي :

$$Q = Ca\sqrt{Ri}$$

Q:التصريف المار (m^3/s)، ونحصل على قيمة Q من الدراسة الهيدرولوجية

a:مساحة المقطع المائي في العبّارة (m^2) .

R:نصف القطر الهيدروليكي (m) .

P:محيط المقطع المبلول (m) .

j:الميل الطولي لأرضية العبّارة ويؤخذ عادة بين (0.001−0.005) حسب نوع التكسية ونوع الرواسب المحمولة مع المياه .

C: معامل شيزي .

λ:معامل الاحتكاك الهيدروليكي .

توصل (ماننيغ) لوضع معادلة تجريبية لحساب ثابت (شيزي) في الجريانات المضطربة :

$$C = R^{1/6} / n$$

n : معامل خشونة القناة ، ويعتمد على نوعية العبّارة ، ويعطى من جدول خاص .

إن علاقة (مانينغ) هي الأكثر انتشاراً ، حيث أعطت أفضل النتائج من أجل الجريان الحر والمضغوط وبتعويض قيمة ثابت (شيزي) حسب(ماننيغ) في معادلة(شيزي) نحصل على معادلة ماننيغ لحساب التدفق :

$$Q = a.R^{2/3} .j^{1/2}$$

*بعد إجراء الدراسة الهيدرولوجية نحصل على قيمة التصريف المار في العبّارة باحتمال معين، وغالباً يتم تصميم العبّارات على التصريف الأعظمي المار باحتمال 2% (أي بتكرار كل 50 عام) .

* نعتمد قيمة ميل العبارة بحسب ظروف الاستثمار (0.001−0.005) .

* يتم فرض أبعاد العبّارة الصندوقية أو الأنبوبية، بحيث لا تتجاوز سرعة الجريان في مقطع العبّارة الحدود المسموحة بين (1-2m/s) .

* نحصل على السرعة للعبارة بالعلاقة :

$$v = Q/a$$

*نفرض قيماً لأبعاد العبّارة (b×h) تحقق المقطع المفروض، ثم نتحقق من السرعة الفعلية والتدفق الذي يمرره المقطع المبلول، بحيث يجب أن يساوي التصريف المعطى بموجب الدراسة الهيدرولوجية.

* يجب أن نترك فراغاً فوق سطح الماء في العبارة على الأقل 0.5m لإمرار الأجسام الطافية .

ننظم الجدول التالي لحساب التدفق :

n أمثال الحمولة	b عرض العبارة (m)	h ارتفاع الماء (m)	A=b×h (m^2)	P=b+2h (m)	R=a/p (m)	Q من معادلة مانينغ (m^3/s)	Q محسوبة هيدرولوجياً (m^3/s)	V= Q/a (m/s)

الجدول (1-5): يبين قيم معامل الخشونة (n) بحسب نوع التربة والتكسية

التسلسل	نوع الجدران	القيمة الوسطية لمعامل الخشونة
1	نعومة سطح الجدران كبيرة جداً سطح الجدران مغطى بالسيراميك	0.009
2	سطح الجدران مستو وأملس جداً سطح الجدران مطلي بشكل جيد بالإسمنت النظيف	0.01
3	سطح الجدران مطلي بشكل جيد بملاط إسمنتي بنسبة 1/3 سطح الأنبوب مصنوع من الفخار أو الخزف الحجري الجيد والنظيف الأنبوب مصنوع من الحديد الصب أو الفولاذ بحالة جيدة واتصال جيد	0.011
4	ألواح السطح غيرمستوية ، أنابيب مياه الشرب في الظروف العادية أنابيب المجاري النظيفة جداً، البيتون المنفذ بشكل جيد جدً	0.012
5	الجدران من الحجارة المنحوتة جيداً بما فيه الكفاية الجدران جيدة من الآجر أو القرميد أنابيب في الظروف العادية ، أنابيب مياه الشرب المتسخة قليلاً	0.013
6	أنابيب مياه الشرب والمجاري المتسخة الأقنية البيتونية في ظروف متوسطة	0.014
7	الجدران حجرية متصدعة ، المجرى مرصوف بالحجارة ، القناة محفورة في أرض صخرية بشكل ناعم وجيد، الأقنية التي تحتوي على رواسب حبيبية دقيقة جداً وكذلك على حصويات وأتربة مغطاة بالطمي(في ظروف عادية)	0.02
8	الأقنية الترابية الكبيرة والأكثر سوءاً من الحالة العادية الأقنية الترابية الصغيرة في الظروف العادية	0.0275
9	الأقنية السيئة بشكل كبير جداً(كثيرة التهريب والانهيار لتربة أو صخور الجوانب،وتحتوي على جذور كثيفة وأحجار كثيرة في القاع) الأنهار التي تجري في ظروف سيئة (بالمقارنة مع البنود	0.04

	السابقة) تحتوي على كمية أكثر من الحجارة والطحالب والأشنيات مجرى النهر كثير التعرجات والانعطافات	
10	مجرى الأنهار يحتوي على كتل حجرية وبعض الأشجار الصغيرة	0.1

ومن أجل العبّارة الدائرية نستخدم المعادلة التالية :

$$A = r^2/2\ (\theta - \sin\theta)$$

$$P = r.\theta$$

حيث :

r: نصف قطر أنبوب العبارة (m) .

p : المحيط المبلول (m) .

نأخذ : $\theta = 240°$ (4.19 راديان) عند حساب العبّارات الدائرية لتجنب احتمال انسداد المقطع المائي بالأجسام الطافية وتحول الجريان إلى جريان مضغوط ، فيكون بذلك ارتفاع الماء في القسطل (h) بالمتر: $h = 0.75D$

D:القطر الداخلي للقسطل (m) .

شروط إنشائية عند تنفيذ العبّارة :

- يجب الاعتناء بشكل مقطع دخول العبّارة ، ففي حالة التدفقات الكبيرة فإنه يجب أن يدرس مقطع الدخول بشكل أن يؤدي إلى احتواء جيد لمياه الفيضان.
- إن المسقط الأفقي للجدران الجانبية لمقطع الدخول والخروج للعبّارة يمكن أن يكون مستقيماً موازياً لمحور الجريان أو مائلاً أو منحنياً بالنسبة لمحور الجريان أو المنشأة ، وعندما يكون منحنياً فإنه يلائم شكل السيالة المائية للفيضان .
- يمكن أن تكون الجدران الاستنادية إما حجرية أو بيتونية ، ويجب أن لا يقل عرض الجدار في أعلاه عن (60cm)، أما عرضه عند القاعدة فيكون بدلالة الارتفاع (h) ويتراوح بين -0.4 (0.6)h .
- نظراً لسرعة الجريان الكبيرة داخل العبّارة فإن الأرضية والجدران الاستنادية الجانبية لمقطع الخروج للعبّارة يجب أن تكون مصممة ومدروسة بشكل جيد، ويجب تكسية أرضية مقطع الخروج ومجرى السيل بعد مخرج العبّارة بأرضية من البيتون أو بطبقة من الحجر القاسي، وبطول يتراوح بين (2-10m) حسب أهمية المنشاة .

الفصل الثاني

الرصف المرن

2-1 المطالب الأساسية الواجب تحقيقها في المهابط والممرّات وساحات الوقوف :

في أول عهد الطيران، حينما كانت الطائرات صغيرة وخفيفة الوزن كانت المهابط ترابية أو ذات سطوح معشبة أو ترصف بالحجارة كالطرق .

ومع تقدم العلم وازدياد أوزان الطائرات وسرعاتها أصبح من الضروري دراسة وإنشاء المهابط والممرات وساحات الوقوف بكل عناية وبحيث تتوفر فيها الشروط التالية :

1- أن تكون ذات مقاومة كافية لأوزان الطائرات المتزايدة وديمومتها الطويلة.

2- أن تكون سطوحها ناعمة وخالية من النتوءات والأخاديد والحفر.

3- أن يكون عامل الاحتكاك على سطوحها كافياً لمنع انزلاق الطائرات فوقها وخاصة أثناء أول هطول المطر .

4- أن لا يتواجد على سطحها أية حواجز سواء قطع حجرية أو أجسام وعوائق أخرى .

5- أن تكون مقاومة لعوامل الطبيعة والعوامل الهيدرولوجية ، بمعنى آخر أن تكون سطوحها كتيمة لمنع تسرب أو رشح الماء من خلالها إلى طبقة الأساس وطبقة القاعدة .

6- أن تكون مقاومة للتآكل نتيجة تأثير حمولات الطائرات.

7- أن يكون تثبيت سطوحها جيداً بصورة تقاوم الزيوت والشحوم المتسربة من الطائرات .

8- أن تكون اقتصادية من حيث استعمال المواد المتوفرة محلياً في إنشائها.

9- أن تسمح بأعمال الصيانة والإصلاح بسهولة.

10- أن تكون صالحة لاستقبال الطائرات الحالية وطائرات المستقبل .

من أجل ذلك لابد من دراسة مفصلة لتربة الموقع والمواد المتوفرة محلياً لحساب سماكات طبقات الرصف.

والغاية الأساسية من حساب طبقات الرصف هي توزيع الحمولات المركزة بشكل يجعل حمولة الطائرات موزعة على مختلف الطبقات بصورة لا تتجاوز قدرة تحملها القصوى طيلة حياة الرصف .

إن فيزيائية وصف المهابط والممرات والساحات تتبع إلى عناصر مختلفة منها :

أ- الحمولة التصميمية للطائرات .

ب- هبوط الطائرات وإقلاعها .

جـ- حجم المرور فوقها .

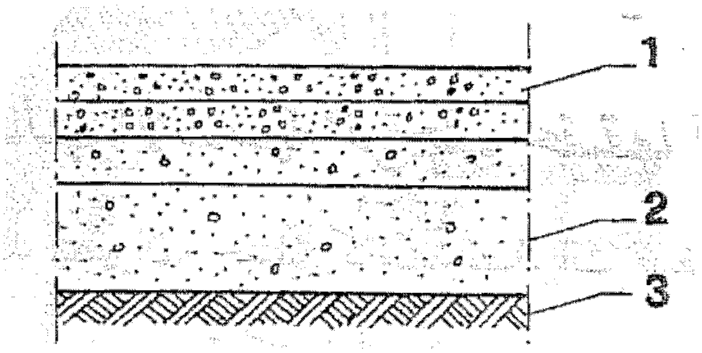
ء- نوعية تربة الأساس .

هـ- عدد الطبقات المستخدمة في الرصف . والشكل (1-2) يبين أسماء طبقات الرصف

1- طبقة التغطية السطحية wearing course

2- طبقة الأساس base course

3- طبقة القاعدة sub grade



الشكل (**1-2**) : أنواع طبقات الرصف

إن طبقة التغطية السطحية هي أعلى طبقة من طبقات الرصف وهي بتماس مباشر مع حركة الطائرات ، ولهذا يجب أن تتصف بالميزات التالية :

1- أن تكون متينة ومقاومة بحيث تتحمل الحمولات المباشرة فوقها .

2- أن تكون واقية لطبقات الرصف التي تحتها من رشح المياه إلى طبقات الأساس والقاعدة.

3- أن تقاوم عوامل الطبيعة (الحرارة والبرودة) وخاصة تجمد المياه.

4- أن تقاوم الحت والتآكل.

5- أن تقاوم الغازات المنبعثة من عوادم الطائرات .

أما طبقة الأساس فيجب أن تحقق الميزات التالية :

1- أن تساعد على زيادة تحمل طبقة القاعدة وخاصة عندما تكون نسبة الرطوبة في الأساس كبيرة .

2- أن تنظم نسبة الرطوبة على الطبقات السفلى كطبقة القاعدة أو طبقة الردم .

3- أن تمنع صعود الماء بالتوتر الشعري من الأسفل إلى الأعلى حيث يصعد الماء بالتوتر الشعري عندما تزيد الحمولات فوق الطبقة .

أما طبقة القاعدة فيجب أن تحقق الميزات التالية :

1-أن تتلقى الحمولات الآتية عبر طبقة التغطية وطبقة الأساس دون أن تتهدم.

2- أن تؤدي المواد المؤلفة لطبقة القاعدة إلى إنقاص سماكة طبقة الأساس وهذا لا يتم إلا بانتقاء مواد جيدة وذات تدرج جيد وأن يتم رصها وضغطها بصورة جيدة .

2-2 أنواع الرصف :

نميز نوعين من الرصف :

1) الرصف المرن Flexible pavement .

2) الرصف الصلب Rigid pavement .

3-2 الرصف المرن Flexible Pavement: :

إن طبقة التغطية السطحية في هذا النوع من الرصف هي من البيتون الزفتي (surface course) كي تحقق الكتامة الكافية بأقل قدر ممكن من التكاليف .

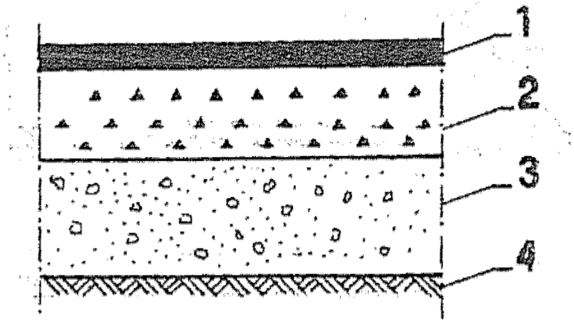
يستخدم لبناء الطبقات العلوية للأغطية، مواد ذات مقاومة عالية تقاوم الحمولات الناجمة عن دواليب الطائرات .

تأتي تحت هذه الطبقة: طبقة الأساس base course وتتألف من حجارة مكسرة ذات تركيب حبي جيد .

ثم طبقة إضافية تسمى طبقة ما تحت الأساس subbase course فإما أن تكون من المواد الحجرية المكسرة أو أن تكون المواد الحجرية المغلفة بالبيتومين .

أخيراً طبقة القاعدة subgrade وغالباً ما تنشأ فوق طبقة لم تحدث فيها تغيرات في الماضي وتقضي التعليمات الأمريكية لإنشاء المطارات المعدة للطائرات الأثقل من (136 t) برص تلك الطبقة في بعض الأحيان بصورة جيدة مما يؤدي إلى توفير كبير في تكاليف الطبقات الأعلى منها وطبقات الرصف المرن موضحة بالشكل (2-3) :

1: طبقة علوية 2: طبقة حاملة 3: طبقة أساس 4: طبقة ترابية



الشكل (2-2): طبقات الرصف المرن

2-4 طبقات التغطية الإسفلتي بيتونية :

تعتبر طبقات الإسفلت بيتونية من النماذج الأساسية لطبقات التغطية المرنة ، وتتميز بسطح مستوي . ويمكن أن تنفذ بسماكات مختلفة وبشكل اقتصادي . وتستخدم بشكل أساسي في عناصر المطارات الأقل تأثراً بالغازات الناجمة عن المحركات والحرارة والمواد الزيتية حيث أنها تتصف بضعف مقاومتها للحرارة الناتجة عن محركات الطائرات .

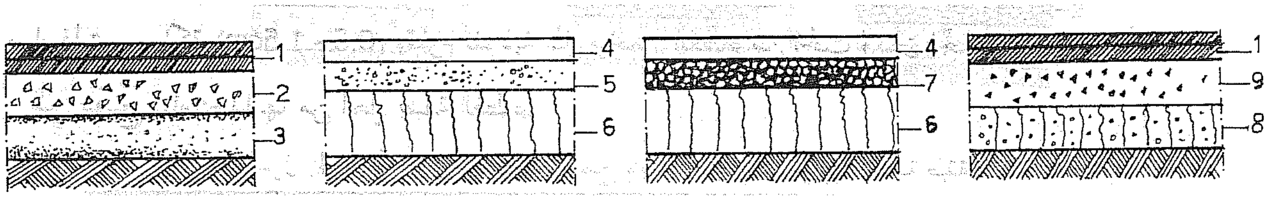
ويتألف البيتون الإسفلتي من مزيج من كسارة الحجارة والرمل ومسحوق معدني مضافاً إليها الإسفلت . وتشكل كسارة الحجارة عنصراً أساسياً في مزيج البيتون الإسفلتي وتحضر من الحجارة القاسية "صخور بركانية وصخور رسوبية وخبث الأفران " ذات الالتصاق الجيد مع الإسفلت .

يفرش البيتون الإسفلتي على شكل طبقة أو ثلاث طبقات كما هو موضح بالشكل (2-3) ، ففي الأقسام المعرضة لإجهادات مماسية عالية (فرملة) يفرش على طبقتين أو ثلاث طبقات أما في باقي الأقسام فيكتفى بطبقة واحدة أو طبقتين .

1- بيتون إسفلتي (طبقتين) 2- دبش (كسارة حجارة) 3- رمل

4- بيتون إسفلتي (طبقة) 5- بيتون إسمنتي 6- تربة 7- دبش أسود 8- خليط حصوي ترابي

9- حصى أسود أو خليط حصوي ترابي معالج بالإسفلت



الشكل (2-3) : طبقات التغطية الإسفلت بيتونية

***مواصفات كسارة الحجارة المستخدمة:**

- مقاومة الصخر على الانضغاط بين N/m^2 10^5×(800-1200) .
- التجانس بدون كتل طينية أو الطفال الطيني (طين رملي) .
- لا تزيد نسبة الجزئيات الطينية والترابية عن (20 %) .
- مقاوم للصقيع – لا تقل مقاومته عن 350 Mpa في الظروف القاسية والمعتدلة وفي ظروف المناطق البحرية .

*** الرمل:**

يملأ الفراغات في المجبول الإسفلتي ويستعمل عادة الرمل الطبيعي والرمل الناتج عن الكسارات ذات المقاس الكبير والمتوسط، ويجب أن لا يحوي نسبة جزئيات طينيّة وترابية أكبر من (3 %) .

*** المسحوق المعدني :**

يزيد مقاومة وكثافة البيتون الإسفلتي ودرجة تحمله للحرارة ، يحضر من مسحوق (الحجارة الكلسية – دولوميت – خبث المعادن ذو المقاومة > 20 MPa) على أن يكون جافاً ونظيفاً .

*** الإسفلت :**

يلعب دور الرابط وينبغي أن يحضّر بشكل جيد ، ويجب أن يتمتع باللدونة وقابلية التشوه وعدم التشقق في درجات الحرارة المنخفضة، وأثناء هبوط الأساس يحضر الإسفلت – بيتون في خلاطات المجبول الإسفلتي بمزج العناصر الآنفة الذكر بدرجة حرارة عالية.

المواد الرابطة الإسفلتية :(Bituminous Materiale) :

يعد البيتون الإسفلتي المؤلف من خليطة البيتومين مع الحصويات من أكثر المواد استخداماً في تغطية الطرق.

*** المواد البيتومينية:**

المواد البيتومينية (وتسمى اختصاراً بالإسفلت) عبارة عن فحوم هيدروجينية (هيدرو كربونات) لها قابلية الانحلال في ثاني كبريت الكربون والبيتومين ذو قوام صلب نسبياً في درجات الحرارة العادية. وعند رفع درجة حرارته تدريجياً يأخذ بالليونة أولاً ثم يصبح سائلاً .وعند مزجه بالحالة السائلة مع الحصويات فغنه يتصلب مرة أخرى في درجة الحرارة العالية رابطاً بين الحصويات بشدة . الأمر المفيد في تشكيل السطح العلوي للأغطية الطرقية.

مصادر البيتومينات:

مصادر البيتومينات المستخدمة في تحضير البيتون الإسفلتي هي:

<u>آ–الإسفلت الطبيعي Natural Asphalt:</u>

ونحصل عليه من "بحيرات الإسفلت –في بعض مناطق العالم كجزيرتي برمودا–وترينداد الصخور الإسفلتية هي صخور مسامية تحتوي على مواد بيتومينية.

<u>ب–القطران Tars :</u>

مواد بيتومينية يتم الحصول عليها من تقطير الفحم الحجري.

جـ-الإسفلت النفطي Petroleum Asphalt :

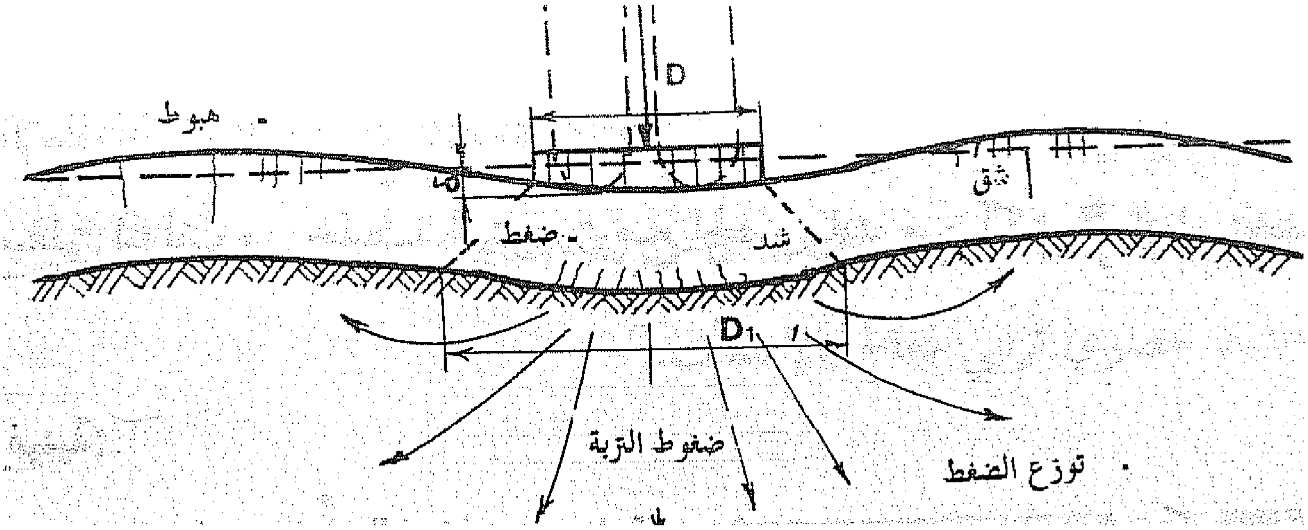
ويتم الحصول على هذا النوع من الإسفلت نتيجة تقطير الخام في مصافي البترول ويشكل تقريباً النوع الوحيد المستخدم للحصول على الخلطات الإسفلتية اللازمة لرصف الطرق.

لزوجة الإسفلتAsphalt Viscosity

تختلف لزوجة الإسفلت بشكل كبير حسب درجة الحرارة حيث تتراوح من الصلبة حتى السائل الرقيق نسبياً،ولذلك تعتبر العلاقة بين اللزوجة ودرجة الحرارة هامة في تصميم هذه المواد.

5-2 آلية تشوه طبقات الرصف المرن:

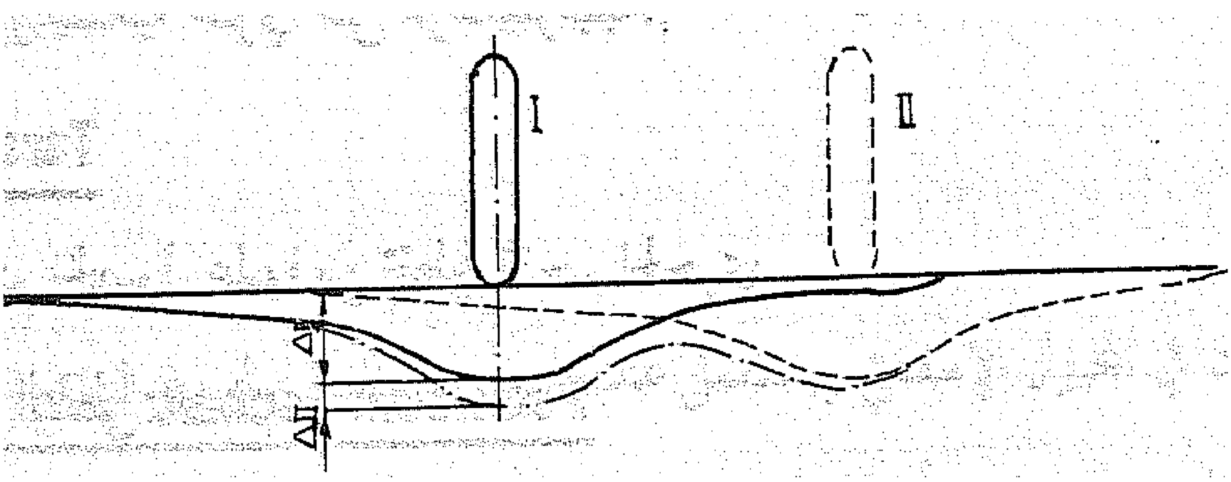
قبل دراسة تركيب الرصف المرن لابد لنا من معرفة الآلية التي تتشوه بها طبقات الرصف من جراء مرور الحمولات عليها.



الشكل (4-2) : التشوه عند الانهيار لطبقات الرصف المرن

من الشكل (4-2) يتبين لنا أنه عند بلوغ الحمولة حداً معيناً يفوق قدرة تحمل المهبط، فإنه تظهر تشققات وهبوط دائم تحت العجلة منقول إلى التربة (حد الانكسار) .

لفهم طبيعة التشوه هذه ، وللتمكن من إجراء الحسابات اللازمة لبقاء التربة ضمن حدود التشوه المرن، وعدم ظهور الشقوق في طبقة الإسفلت، والناتجة عن تجاوز إجهادات الشد الحد المسموح لإجهاد الشد في الإسفلت لابد لنا من دراسة نظرية التشوه المرن لطبقات الرصف، آخذين بعين الاعتبار التأثير المتبادل للدواليب المتجاورة في المجموعة الواحدة، والتي ينتج عنها هبوط في طبقات الرصف أعلى من الهبوط الناتج عن الدولاب الواحد. مما يستدعي اعتماد مبدأ الدولاب المكافئ . كما هو موضح في الشكل (5-2) .



الشكل (2-5) : الهبوط في الغطاء نتيجة تأثير أكثر من دولاب

<u>2-6</u> طريقة التشوهات المرنة لتصميم طبقات الرصف المرن:

إن الطريقة الكلاسيكية التي بحثت في طبقات الرصف تعتمد على دراسة طبقتين فقط (طبقة تربة الأساس وطبقة واحدة فوقها). وبما أن تركيب المهابط الإسفلتية معقداً بعض الشيء ، حيث يوجد أربع طبقات وبسماكة تتجاوز المتر، لابد من اللجوء إلى طريقة التشوه المرن التي تعتمد على تعين معامل المرونة المكافئ ولمجموعة الطبقات بحيث تستطيع تحقيق إجهادات الشد في سطح طبقة الإسفلت السفلي لمنع تشققها .

يتم تحقيق طبقات الرصف المرن على مرحلتين :

1- تحفيق السهم أو تحديد الحمولة المسموحة عند قياس سهم الهبوط.

2- تحديد الحمولة المسموحة لمجموعة الدواليب والتي تبقي إجهاد الشد في طبقة الإسفلت مسموحاً .

<u>2-6-1</u> تحديد الحمولة المسموحة على قياس سهم الهبوط :

لتعيين السهم النسبي الحسابي يبدأ العمل بحساب معامل المرونة الوسطي :

$$E_c = \frac{E_1 . h_1 + E_2 . h_2 + X ..... E_5 h_5}{H_{tot}} \qquad (2-1)$$

حيث :

E_c: معامل المرونة الوسطي (Kg/cm^2)

$h_1, h_2, ... h_5$: سماكة الطبقات (cm)

$E_1 . E_2, ... E_5$: عامل المرونة لكل طبقة من الطبقات (Kg/cm^2)

نريد حساب De: نصف قطر دائرة التماس الأعظمي والتي تتطلب معرفة (P_e) حمولة الدولاب المكافئ والتي تتعلق بدورها بحمولة الدولاب الحسابية (P_k), (a)

حيث P: تعطى من العلاقة التالية:

$$P_k = \frac{P_n}{N_k . K_d . G_f} \qquad (2-2)$$

حيث:

P_n: حمولة مجموعة الدواليب (t) .

G_f: ثابت زيادة الحمولة، حسب مجموعة تصنيف المهبط بين (1 - 0.85) .

K_d: ثابت الحمولة الديناميكية.

N_k: عامل تكرار الحمولة.

ثم نقوم بحساب (a) المسافة بين أقرب دولابين في المجموعة الرئيسة. وتحسب من العلاقة التالية :

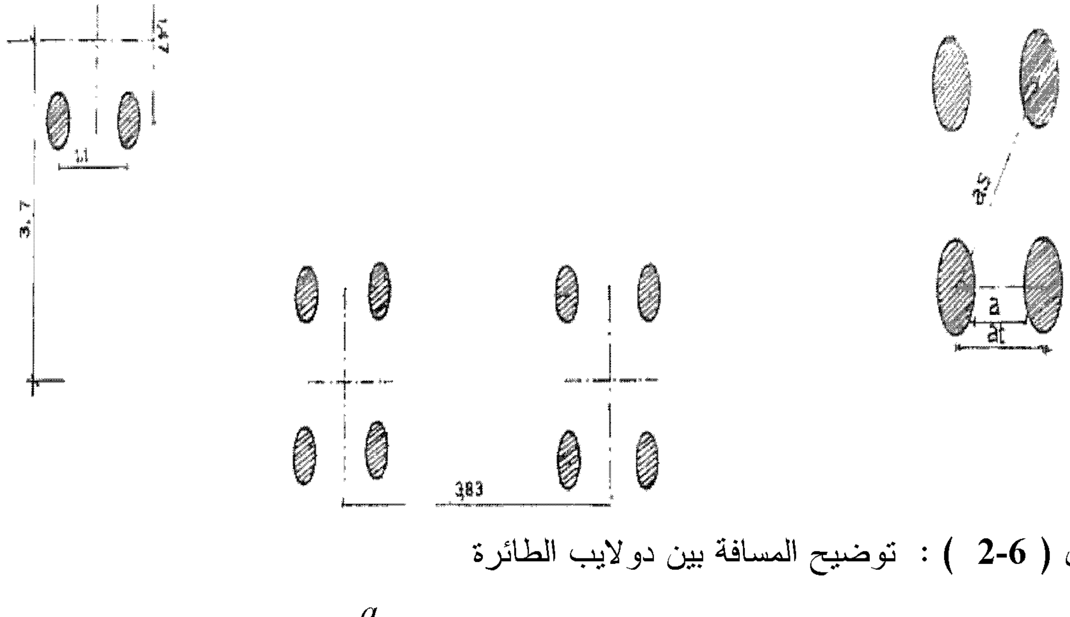
$$a = aT - 2\sqrt{\frac{P_a}{1.4\Pi q_a}} \qquad (2-3)$$

حيث:

q_a: ضغط الهواء المنفوخ في الدولاب (Kg/cm2) .

a: المسافة بين أقرب دولابين من دواليب المجموعة الأساسية للطائرة (cm) .

a_T: المسافة بين أبعد دولابين من دواليب المجموعة الأساسية للطائرة ، كما هو موضح بالشكل (6-2).



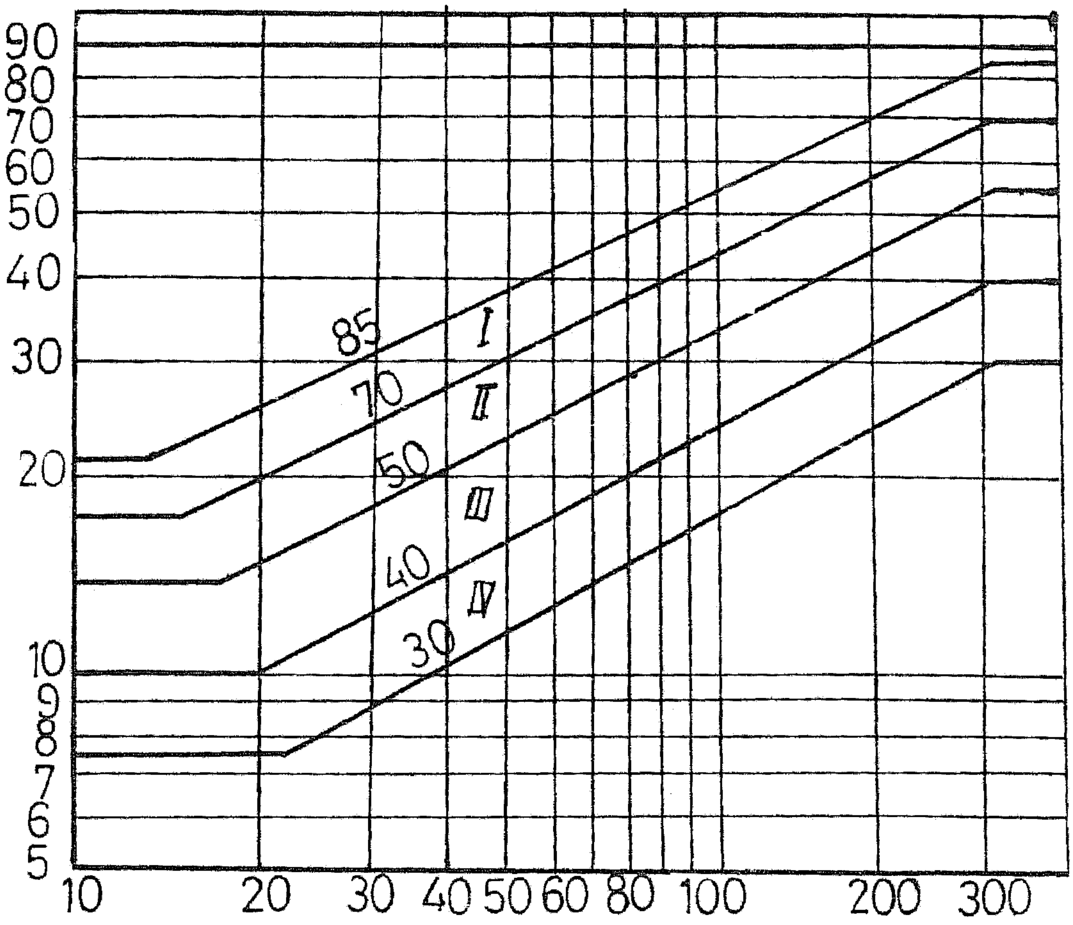
الشكل (**6-2**) : توضيح المسافة بين دولايب الطائرة

$$H_{tot} \leq \frac{a}{2} \Rightarrow P_e = P_k \quad (2-4)$$

نقارن $$H_{tot} \geq 2as \Rightarrow P_e = P_n \quad (2-5)$$

$$\frac{a}{2} \langle H_{tot} \langle 2as \quad (2-6)$$

Pe:تحسب من مجموعة المنحني المبين بالشكل (7-2) بدلالة (H_{tot}) وتصنيف المهبط .



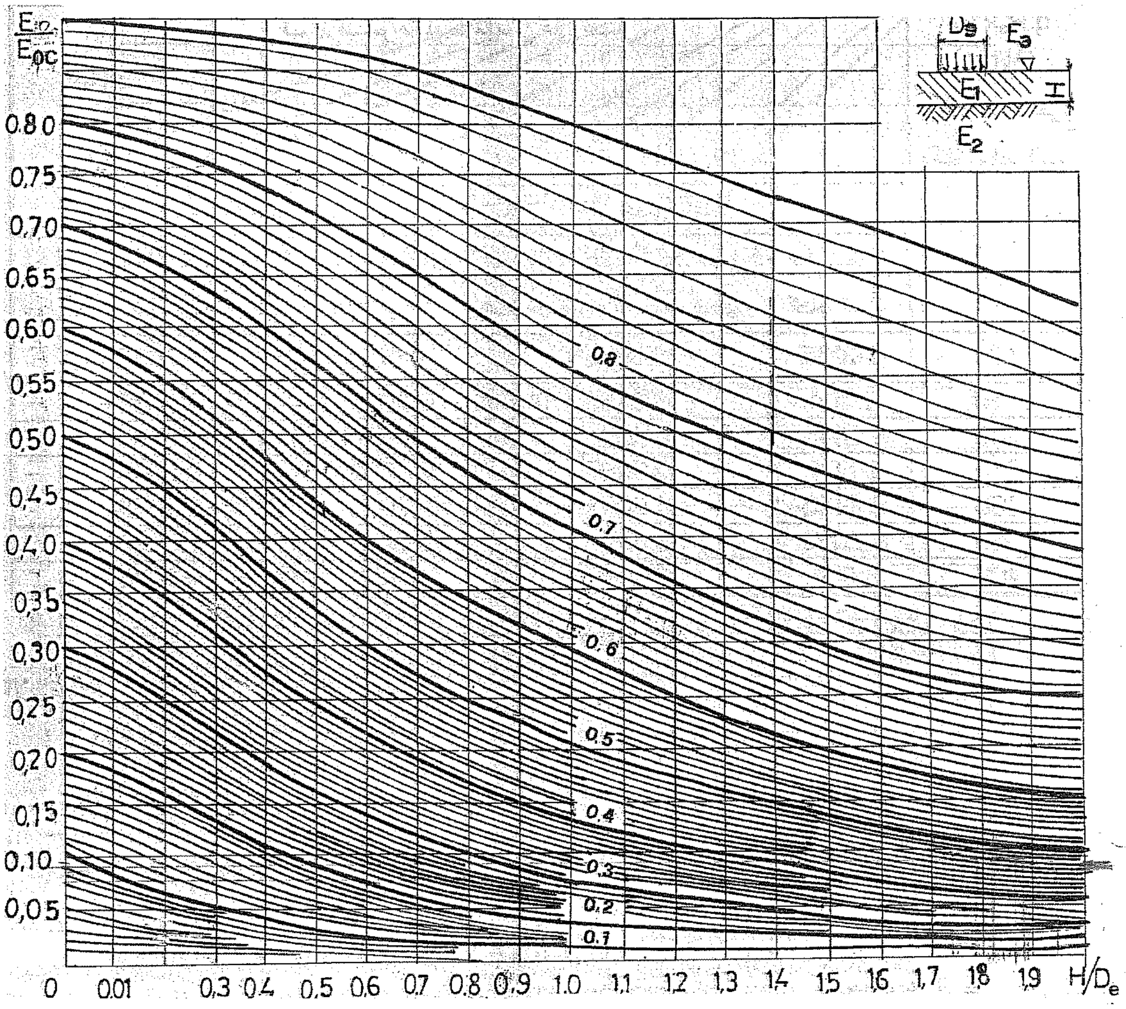
الشكل (**2-7**) : حساب حمولة الدولاب المكافئ بدلالة السماكة h وتصنيف المهبط

بعد تحديد P_e نستطيع حساب D_e من العلاقة التالية :

$$D_e = \sqrt[2]{\frac{P_e}{\Pi . q_a}} \qquad (2-7)$$

ثم نستنتج قيمة E_{ed} معامل المرونة المكافئ لطبقات المهبط من المنحنيات المبينة بالشكل (2−8) بدلالة

$$(\frac{H}{D}, \frac{E_0}{E_c})$$ فنجد قيمة $$\frac{E_{ed}}{E_c}$$



الشكل (**2-8**) : منحني تحديد معامل المرونة المكافئ E_{ed}

بالنظر إلى الشكل (8-2) نجد أن المنحنيات تدل على النسبة $\frac{E_{ed}}{E_c}$ ويتم الدخول إلى المنحنيات بقيمة $\frac{H}{D_e}$ على المحور الأفقي وقيمة $\frac{E_0}{E_c}$ على المحور الشاقولي معتبرين مجمل طبقات الرصف طبقة واحدة مرونتها E_c وسماكتها H_{tot} مع مراعاة عدم الاختلاف بين معاملات المرونة للطبقات المتجاورة أكثر من (5 - 3.5) مرة .

والآن نستطيع حساب السهم النسبي من العلاقة التالية:

$$\lambda_d = \frac{0.9\, q_a}{E_{ed}} \qquad (2-8)$$

λ: السهم الحدي المسموح حيث يتم اختياره حسب طبيعة طبقة الإسفلت من الجدول (1-2) :

الجدول (2-1) : قيم السهم الحدي المسموح به في حالات مختلفة للتربة .

قيم λ المسموحة لمهبط مؤسس على غضار				$q.R_e \times 10 (N/cm)$ R_e: نصف قطر مكافئ للدواليب
غضار خشن		غضار ناعم رخو		
مطار ذو كثافة أقل من 5 عمليات إقلاع أو هبوط في اليوم	مطار ذو كثافة كبيرة	مطار ذو كثافة أقل من 5 عمليات إقلاع أو هبوط في اليوم	مطار ذو كثافة كبيرة	
0.0035	0.002	0.0052	0.0035	100
0.0038	0.0025	0.0058	0.004	150
0.0042	0.003	0.0063	0.0045	200
0.0044	0.0033	0.0067	0.005	250
0.0045	0.0035	0.0071	0.0055	300
0.0047	0.0038	0.0073	0.0058	350
0.0048	0.004	0.0076	0.006	400

- إذا كانت العلاقة (8-2) محققة يكون الرصف محقق على السهم وننتقل لتحقيق إجهادات الشد في طبقة الإسفلت.
- أما إذا كانت العلاقة (8-2) غير محققة يعني ذلك رفض طبقات الرصف وإعادة التصميم .

2-6-2 تحقيق إجهادات الشد :

عند هبوط طبقات الرصف المرن نتيجة الحمولات الخارجية تتعرض الطبقات المتماسكة (طبقة البيتون الإسفلتي) والتي تحتوي على رابط إلى عزم انعطاف مما يؤدي إلى نشوء إجهاد شد في هذه الطبقة ، وهذا الإجهاد يجب أن يحقق المتراجحة التالية :

$$\sigma_r \leq m.R_{pu}$$

حيث :

σ_r : إجهاد الشد الحسابي عند الانعطاف و المتولد في المقطع المدروس نتيجة الحمولات الخارجية .

R_{pu} : إجهاد الشد المسموح في طبقة البيتون الإسفلتي والناتج عن عزم الانعطاف الأعظمي نتيجة الحمولة الأعظمية المسموح بها .

m : ثابت ظروف العمل ويختلف من مكان إلى آخر في المطار (مهبط – ممر مساعد – ممر موازي – ساحة وقوف) .

- من أجل حساب إجهاد الشد الحسابي نعتمد المعادلة التي وضعها البروفسور " كارسونسكيم " من أجل الطبقات المتماسكة والمتوضعة على طبقات مرنة ، وهي :

$$\sigma_r = \frac{4k_1.q}{\lambda}.\frac{h}{D}.\frac{E_1}{E_{ocH}}\left(1-\frac{2}{\lambda}arc\,tg\frac{h_э}{D}\right)X \quad arctg^2\frac{D}{h_э}$$

حيث :

q : ضغط النفخ في دواليب الطائرة الحسابية .

K_1 : ثابت احتياطي يأخذ بعين الاعتبار العامل الديناميكي ويؤخذ عادةً : $K_1 = 1.3$

H : سماكة الغطاء الإسفلتي .

$h_э$: السماكة المكافئة لطبقات الرصف وتعطى بالعلاقة التالية :

$$h_э = 1,1 \times h^3\sqrt{\frac{E_1}{E_{ocH}}}$$

E_1 : معامل مرونة الغطاء .

E_{och} : معامل المرونة المكافئ لطبقات الأساس تحت الغطاء .

D : قطر دائرة التماس العظمى بين دولاب الطائرة والغطاء .

– بعد عدة عمليات حسابية على المعادلة السابقة نحصل على الشكل الأخير :

$$\sigma_r = 0,95.k_d.\overline{\sigma_2}.q \qquad (2-9)$$

حيث :

K_d : ثابت ديناميكي يساوي (1.15) .

q : ضغط النفخ .

σ_2 : إجهاد الشد الواحدي الأعظمي .

– من أجل الحساب بالمعادلة (2-9) تم اقتراح مخطط يتعلق بالنسبة $\frac{h}{D}$ والنسبة ما بين معامل مرونة الغطاء إلى معامل المرونة المكافئ لطبقات الأساس المكافئ $\frac{E}{E_{ocH}}$ ، وبالاعتماد على هذا المخطط نحصل على إجهاد الشد الواحدي الأعظمي $\overline{\sigma_2}$. والمخطط مبين بالشكل التالي (9-2) :

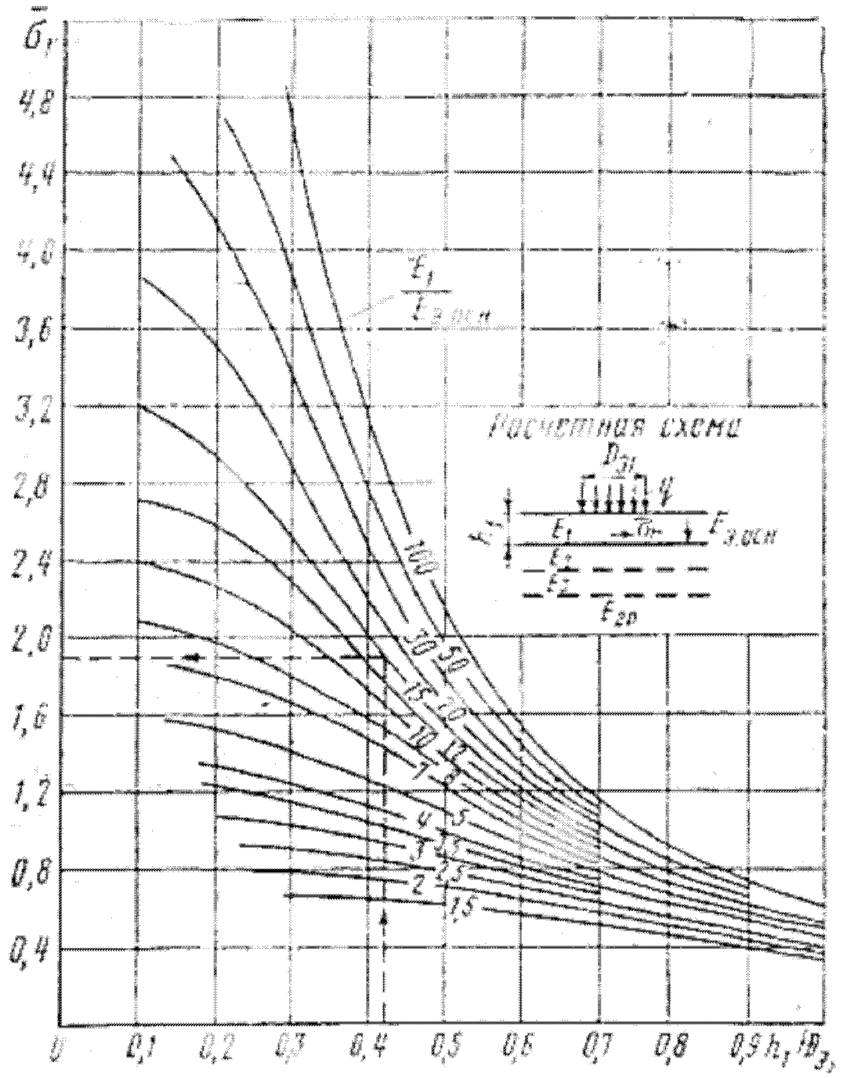
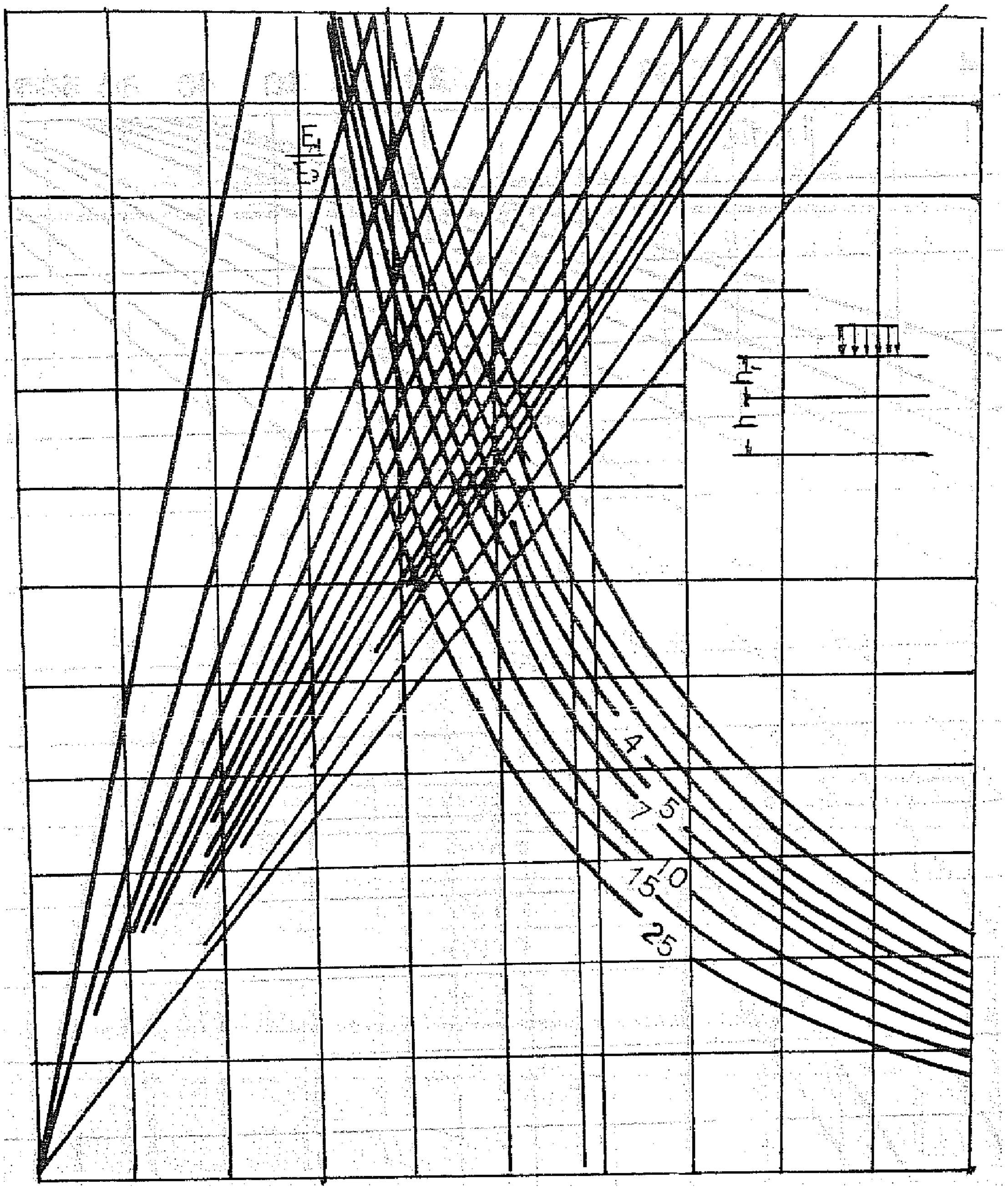


Рис. 25.9. Номограмма для определения удельных растягивающих напряжений при изгибе σ_r в асфальтобетоне

الشكل **(2-9)** : تحديد إجهاد الشد الواحدي الأعظمي



الشكل (**2-10**) : تحديد الإجهادات الشادة في الطبقات المعالجة بالمواد العضوية واللاعضوية

2-7 الرصف الصلب :

مقدمة :

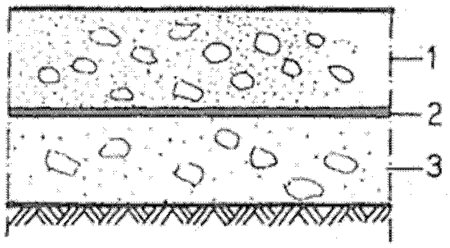
في مطلع الستينات ومع ظهور الطائرات النفاثة انتشرت وبشكل واسع المهابط الإسفلتية والتي أبدت مقاومة عالية في الستينات للطائرات البدائية ، ولكن مع ظهور الطائرات الحديثة والتي تحوي تحت جناحيها محركات نفاثة تصل إلى أربعة محركات، وتنشر حرارة عالية جداً لا يستطيع الإسفلت تحملها حيث أنه بعد الدرجة 80° يفقد قساوته بتطاير الرابط ، مما دعت الحاجة إلى ظهور البلاطات البيتونية كبديل لطبقة سطحية لرصف المهابط ، حيث أن البيتون يبدي مقاومة أعلى للحمولات وللحرارة ، لكن تأثير الحرارة الجوية وخصوصاً في نقاط تلامس السطح السفلي للبلاطة مع الأساس ، وفرق درجة الحرارة بين السطح والقعر يولد إجهادات انكماش وإجهادات ناتجة عن التمدد ، مما يدعو لإنشاء فواصل تمدد وتقلص أو تسليح وتشبيك البلاطات بعضها ببعض .

يتألف الرصف الصلب من :

بلاطة بيتون الإسمنت ثم طبقة الأساس و في هذا النوع من الرصف ليس من الضروري أن تكون طبقة الأساس من الدرجة العالية .

ويبين الشكل (2-11) تتابع طبقات الرصف الصلب بشكل عام

1- طبقة بيتون
2- طبقة فاصلة
3- طبقة أساس



الشكل (**2-11**) : طبقات الرصف الصلب

يمتاز الرصف الصلب : بقدرة عالية لتحمل مختلف الحمولات بغض النظر عن الزمن ووضع التربة .

- قلة اهتراء هذا الغطاء تحت تأثير الحمولات .
- مقاومة جيدة للحرارة ونفث الطائرات .
- مقاومة جيدة للمواد النفطية .
- يمكن إنشاءها بأحدث الأجهزة التكنولوجية .
- المصاريف المنفقة على صيانتها قليلة .
- عامل مقاومة الحركة قليل ويتراوح بين (0.012-0.015) .

- عامل الانزلاق الوسطي (0.7) .

لكن مقاومة البيتون قليلة لإجهادات الشد وخصوصاً الناتجة عن العوامل الجوية والتي تكون خطرة في مرحلة قساوة البيتون وقبل وصوله للقساوة المطلوبة ، وهذه العوامل الجوية تؤدي إلى تغيير في أحوال بلاطات البيتون الذي يؤدي بدوره لخلق إجهادات ناتجة عن الاحتكاك مع طبقة الأساس .

لتخفيف إجهادات الاحتكاك بين طبقة الغطاء والأساس نقوم بإنشاء طبقة رقيقة من الورق المطلي بالبيتون أو طبقة رقيقة بلاستيكية أو طبقة رقيقة من خلطة (رملية بيتونية) .

هذه الجهود المتولدة من اختلاف الحرارة والرطوبة (شد– ضغط – انعطاف) سوف تؤدي إلى تشقق البيتون وتقسيمه إلى مستطيلات ، لهذا السبب يلجأ إلى تقسيمها أثناء إنشائها بفواصل طولانية وعرضانية تدعى فواصل التمدد والتقلص، وفي نفس أماكن حدوث الشقوق المتوقعة وتملا هذه الفواصل بمواد لدنة .

لقد لوحظ أن البلاطات الطرفية والزاوية تكون أضعف من الوسطية عند تطبيق الحمولات عليها وخصوصاً إذا لم تكن متصلة بجاراتها ، لذا يعمد إلى إنشاء وصلة بين الوصلات المجاورة بهدف نقل الحمولات من بلاطة إلى أخرى لتخفف عنها بعض الشيء . يلجأ في بعض الأحيان بدلاً من وصل البلاطات الطرفية بجاراتها إلى تسليحها أو زيادة سماكتها .

الجدول (**2-2**) : شروط المنظمة العالمية للطيران لمقاومة البيتون والمستخدمة في مهابط الطيران .

قساوة البيتون المطلوبة		استخدامه
على الشد	على الضغط	
50	400	الطبقة العليا كل أنواع البلاطات البيتونية والمسلحة
45	300	مسبقة الصنع المسلحة
35	250	الطبقة السفلى " إن وجد "

2-8 طرق تصميم الرصف الصلب :

لدينا طريقتين للتصميم : – الطريقة الروسية – طريقة وسترجارد

2-8-1 الطريقة الروسية :

إن تحليل الجهود الداخلية وحسابها وتحليل سهم البلاطة (هبوطها يعطينا فكرة عن وصف وتحديد خواص عمل البلاطة تحت تأثير الحمولات) تعتمد على الأسس التالية :

1– البلاطة تحت تأثير الحمولات الخارجية ورد فعل الأساس تبدو خاضعة لنظرية الهبوط المرن، وفي كل نقطة من البلاطة متأثرة بهذه الحمولة تنشأ إجهادات شادة وقوى ضاغطة . الجهود الخطرة تبدو في قيمة سهم الهبوط الذي ينتج عن عزوم الانعطاف المتولدة في البلاطة .

2- في كل نقطة محملة من البلاطة تنشأ عزوم انعطاف بالاتجاه X (M_x) وعزوم انعطاف بالاتجاه Y (M_y) .

3- في مركز تطبيق الحمولة تكون العزوم M_x ، M_y متساوية ولها قيمة عظمى ، خارج منطقة التحميل تهمل عزوم الانعطاف .

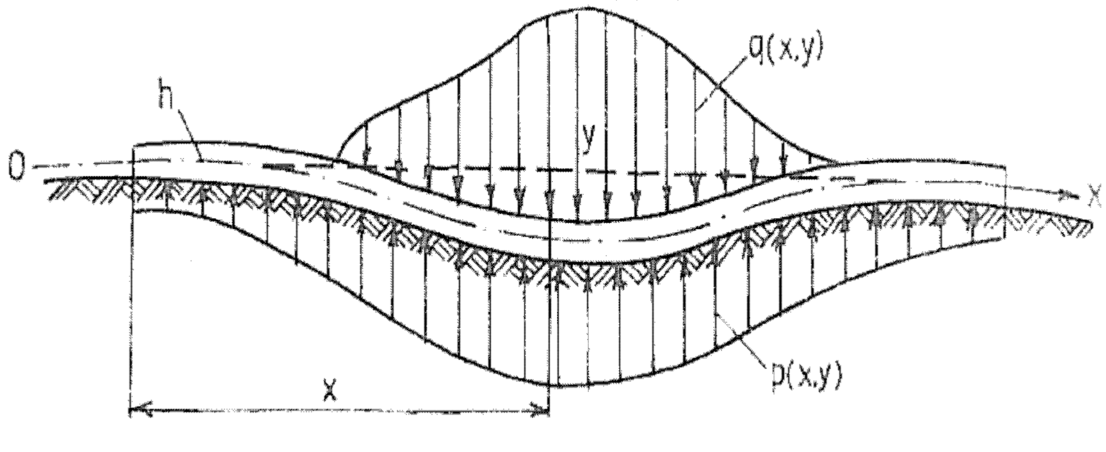
4- كلما زادت قساوة البلاطة (سماكة + نوعية) كلما توزع بشكل منتظم الأسهم والهبوطات في البلاطة وردود فعل الأساس تصبح منتظمة .

5- كلما زادت أبعاد البلاطة مع ثبات السماكة تزداد عزوم الانعطاف .

6- عزوم الانعطاف وردود فعل الأساس وهبوط السهم في البلاطة من جراء تطبيق الحمولات على البلاطة يمكن حسابها انطلاقاً من مبدأ استقلالية تأثير القوى وجمعها عند هذا تحسب القوى على أساس التابع الخطي لكل واحدة منفردة .

7- عند حساب هبوط البلاطة نلفت الانتباه إلى أن إجهادات الشد في الوجه السفلي للبلاطة تدعى بالإجهادات الموجبة ، وإجهادات الشد في الوجه العلوي للبلاطة تدعى بالإجهادات السالبة .

8- في حساباتنا نعتمد في تصميم البلاطة على العزم الأعظمي (عند توزع الحمولة بالوضع الخطر أي عند زاوية البلاطة) .



الشكل (**2-12**)

تبدأ الحسابات من تكامل علاقة التشوه الفراغي :

$$B\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)+cw=g(x,y) \qquad (2-10)$$

حيث : ω : هبوط البلاطة

x,y : إحداثيات المحور الوسطي للبلاطة

B : عطالة البلاطة ويحسب من العلاقة : $(2-11)$

$$B = \frac{E_{\sigma} h}{12(1-\mu^2)}$$

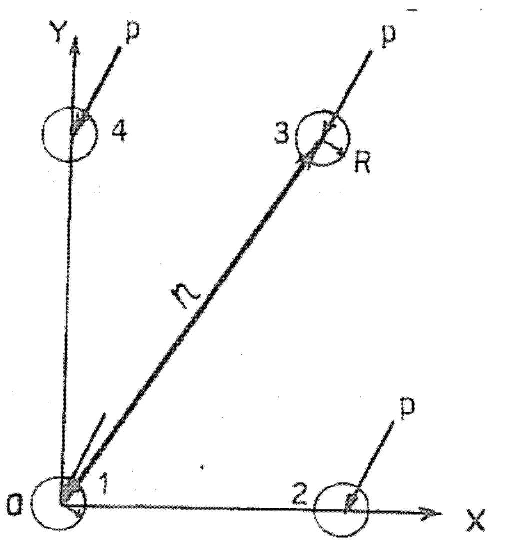
μ : عامل بواسون للبيتون

E_σ : عامل مرونة البلاطة

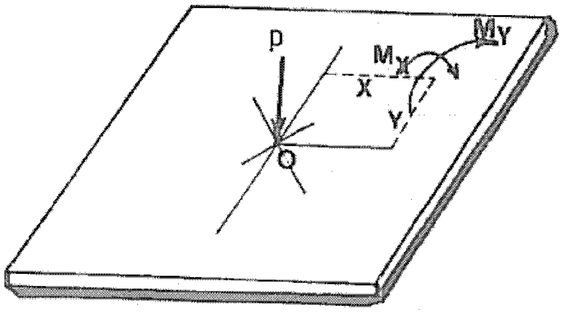
c : ثابت باستل للتربة

h : سماكة البلاطة

وبعد تعديل العلاقة (2-10) نحصل على العزم الأعظمي للمقطع المدروس عند تحميل البلاطة بشكل مركزي بعد أخذ محوري إحداثيات 4 , x حيث مركز الإحداثيات ينطبق على أحد دواليب المجموعة الرئيسية كما في الشكل (2-13) :



الشكل **(2-13)** : حساب طبقة التغطية عند استناد العجلات الأربع للطائرة في نظام الإحداثيات المتعامدة



الشكل **(2-14)** :عزوم الانعطاف للبلاطة

يتم حساب العزم المركزي من العلاقة :

$$\left.\begin{aligned} Mc(x) &= M1 + \sum_{i=2}^{i=NK} Mi(x) \\ Mc(y) &= M1 + \sum_{i=2}^{i=NK} Mi(y) \end{aligned}\right\} \qquad (2-12)$$

حيث : $M^i_{(x)}$, $M^i_{(y)}$: عزما الانعطاف في المقطع الحسابي في الاتجاه y,x نتيجة تأثير عدداً من عجلات الطائرة والمتوضعة خارج حدود المقطع الحسابي للبلاطة .

في الحساب نأخذ القيمة الأكبر من $M^c_{(x)}$, $M^c_{(y)}$

N_k : عدد دواليب الطائرة .

M_1 : عزم الانعطاف في المقطع الحسابي تحت مركز الدولاب الواقع تحت هذا المقطع .

عزم الانعطاف نتيجة تأثير العجلات التي يتطابق مركز أثرها مع المقطع الحسابي يحدد بالعلاقة :

$$M_l = P_k . F(\alpha) \qquad (2\text{-}13)$$

حيث: P_k : حمولة الدولاب (t) وتحسب من العلاقة :

$$P_k = \frac{P_o}{N_k} . K . n_p \qquad (2 - 14)$$

P_0 : حمولة المجموعة الرئيسية (t) .

N_k : عدد الدواليب على مسند رئيسي واحد .

K : ثابت ديناميكي .

n_p : ثابت يتعلق بظروف العمل .

$F(\alpha)$: متحول يؤخذ من الجدول (3-2) وذلك حسب قيم α التي تحسب من العلاقة :

$$\alpha = \frac{R}{L} \qquad (2 - 15)$$

حيث R : قطر تماس الدولاب مع البلاطة البيتونية ويحسب من العلاقة :

$$R = \sqrt{\frac{P_k}{\pi . q}} \qquad (2-16)$$

q : ضغط الهواء المنفوخ في الدولاب (Kg / cm^2) .

l : صلابة البلاطة البيتونية وتحسب من العلاقة التالية :

$$l = \sqrt[4]{\frac{B}{b.c}} \qquad (2-17)$$

حيث : B : عطالة المقطع البيتوني .

b : العرض الحسابي للمقطع .

c : ثابت باستيل .

الجدول **(3-2)** : قيم المتحولات حسب قيم (α ,ζ)

a,ξ	f(a)	g(α)	fo(ξ)	a,ξ	f(a)	g(α)	fo(ξ)
0	0	0	0,5000	0,72	0,0922	0,1752	0,3788
0,02	0,4209	0,0007	0,4997	0,74	0,0899	0,1839	0,3743
0,04	0,3565	0,0011	0,4989	0,76	0,0877	0,1926	0,3697
0,06	0,3188	0,0019	0,4977	0,78	0,0855	0,2015	0,3651
0,08	0,2921	0,0031	0,4963	0,80	0,834	0,2105	0,3606
0,10	0,2714	0,0044	0,4946	0,82	0,0814	0,2196	0,356
0,12	0,2545	0,0061	0,4926	0,84	0,0794	0,2289	0,3514
0,14	0,2402	0,0081	0,4904	0,86	0,0775	0,2382	0,3468
0,16	0,2278	0,0104	0,4880	0,88	0,0756	0,2476	0,3423
0,18	0,2169	0,013	0,4854	0,90	0,0738	0,2571	0,3377
0,20	0,2077	0,0159	0,4826	0,92	0,0721	0,2667	0,3332
0,22	0,1984	0,0191	0,4797	0,94	0,0704	0,2763	0,3286
0,24	0,1904	0,0225	0,4767	0,96	0,0687	0,2861	0,3241
0,26	0,1331	0,263	0,4735	0,98	0,0671	0,2959	0,3196
0,28	0,1763	0,0303	0,4701	1,00	0,0655	0,3057	0,3154
0,30	0,1700	0,0345	0,4667	1,10	0,0582	0,3558	0,2929
0,32	0,1641	0,0391	0,4532	1,20	0,0518	0,4067	0,2713
0,34	0,1586	0,0438	0,4595	1,30	0,0462	0,4579	0,2504
0,36	0,534	0,0489	0,4558	1,40	0,0411	0,5087	0,2302
0,38	0,1485	0,0541	0,4520	1,50	0,0366	0,5589	0,211
0,40	0,1438	0,0596	0,4480	1,60	0,0326	0,6081	0,1926
0,42	0,1395	0,0654	0,4441	1,70	0,0291	0,6557	0,1752
0,44	0,1353	0,0714	0,4400	1,80	0,0259	0,7016	0,1588
0,46	0,1313	0,0775	0,4359	1,90	0,023	0,7453	0,1433
0,48	0,1275	0,0839	0,4318	2,00	0,0204	0,7868	0,1289
0,50	0,1239	0,0906	0,4257	2,20	0,0161	0,8629	0,1026
0,52	0,1204	0,0974	0,4233	2,40	0,0126	0,9288	0,0804
0,54	0,1171	0,1044	0,4190	2,60	0,0097	0,9841	0,0614
0,56	0,1139	0,1116	0,4146	2,80	0,0075	0,029	0,0415
0,58	0,1108	0,119	0,4102	3,00	0,0057	0,0645	0,0326
0,60	0,1079	0,1265	0,4058	3,20	0,0043	0,0904	0,022
0,62	0,105	0,1342	0,4014	3,40	0,0032	0,1089	0,0137
0,64	0,1023	0,1421	0,3969	3,60	0,0023	0,1204	0,0071
0,66	0,0997	0,1402	0,3924	3,80	0,0016	0,1253	0,0021
0,68	0,0971	0,1584	0,3879	4,00	0,0011	0,1258	0,0014
0,70	0,0946	0,1668	0,3834				

يحسب عزم الانعطاف في المقطع الحسابي بالاتجاه y(x)من العلاقة التالية:

$$M^{i}_{x(y)} = \overline{M_{x}}^{i}(y) . p_{k}$$

حيث $\overline{M}^{i} x(y)$:عزمن الانعطاف الواحدي ويحدد من الجدول (3-2) وفقاً للقيم (ξ,η)

التي تحسب من العلاقة :

$$\left.\begin{aligned} \zeta &= \frac{x}{l} \\ \eta &= \frac{y}{l} \end{aligned}\right\}$$

حيث y,x بعد مركز كل دولاب بالنسبة لجملة الإحداثيات.

الجدول (**4 - 2**) : قيم عزم الانعطاف الواحدي $(M^i y)\overline{M}^i x$ وفقاً للقيم (ξ ,η)

η(ξ)	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0		0,2587	0,1918	0,1241	0,0919	0,0667	0,0482	0,0338
0,05	0,3202	0,2578	0,2015	0,1283	0,0950	0,0697	0,0493	0,0345
0,10	0,2578	0,2410	0,1937	0,1323	0,1000	0,0745	0,0526	0,0365
0,20	0,1936	0,1754	0,1723	0,1330	0,0945	0,0725	0,0529	0,0398
0,30	0,1565	0,1489	0,1365	0,1192	0,0925	0,0707	0,0524	0,0467
0,40	0,1307	0,1297	0,1247	0,1119	0,0883	0,0692	0,0523	0,0424
0,50	0,1108	0,1012	0,1007	0,0975	0,0824	0,0659	0,0512	0,0386
0,60	0,0949	0,0887	0,0858	0,0850	0,0722	0,0606	0,0492	0,0379
0,70	0,0724	0,0812	0,0818	0,0765	0,0666	0,0578	0,0462	0,0366
0,80	0,0715	0,0710	0,0700	0,0660	0,0601	0,0516	0,0434	0,0344
0,90	0,0620	0,0679	0,0610	0,0579	0,0530	0,0469	0,0389	0,0323
1,00	0,0543	0,0542	0,0540	0,504	0,0472	0,0425	0,0366	0,0300
1,10	0,0476	0,0476	0,0474	0,0456	0,0408	0,0372	0,0300	0,0272
1,20	0,0412	0,0412	0,389	0,0380	0,0372	0,0332	0,298	0,0245
1,30	0,0360	0,0360	0,360	0,0340	0,0325	0,0290	0,0259	0,0221
1,40	0,0314	0,0313	0,311	0,0303	0,0283	0,0260	0,0228	0,0199
1,50	0,0273	0,0272	0,0272	0,0264	0,0247	0,0225	0,0203	0,0175
1,50	0,0240	0,0239	0,0239	0,230	0,0221	0,0201	0,0181	0,0159
1,70	0,0208	0,0208	0,0208	0,0193	0,0192	0,0177	0,0162	0,0137
1,80	0,0180	0,0179	0,0178	0,0172	0,0166	0,0153	0,0150	0,0121
1,90	0,156	0,0156	0,0156	0,0150	0,0143	0,0132	0,0130	0,01125
2,00	0,0135	0,0135	0,0134	0,0132	0,0130	0,0126	0,0121	0,0106
2,10	0,116	0,0116	0,0116	0,0114	0,0112	0,0108	0,0104	0,0101
2,20	0,0096	0,0096	0,0096	0,0095	0,0095	0,0092	0,0018	0,0084
2,40	0,0072	0,0072	0,0072	0,0070	0,0069	0,0062	0,0060	0,0059
2,60	0,0051	0,0051	0,0051	0,0050	0,0049	0,0047	0,0044	0,0042
2,80	0,0034	0,0034	0,0034	0,0033	0,0032	0,0030	0,0028	0,0026
3,00	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0021	0,0020	0,0019	0,0017
3,20	0,0014	0,0014	0,0014	0,0013	0,0013	0,0012	0,0011	0,0010
3,40	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004
3,60	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0	0	0	0
3,80	0	0	0	0	0	0	0	0
4,00	0	0	0	0	0	0	0	0

يحسب الانحناء تحت مركز الدولاب نتيجة تأثير جميع عجلات الاستناد من العلاقة :

$$\omega_c = \omega_1 + \sum_{i=2}^{i=Nk} \omega i$$

حيث ω_c: الانحناء تحت مركز الدولاب نتيجة تأثير جميع عجلات الاستناد.

ω_1: الهبوط في النقطة تحت تأثير الدولاب الذي يقع عليها .ويحسب من العلاقة :

$$w_1 = \frac{q}{c}.g(\alpha)$$

حيث c,q رموز عرّفت في العلاقتين (2-16) (2-17) .

g(α): متجول يحسب من الجدول (2-3) حسب قيمة α التي حسبت من العلاقة (2-15) .

ω: الهبوط في هذه النقطة والناتج عن تأثير الدواليب الأخرى.

ويحسب من العلاقة :

$$w_i = \frac{P_k}{4L^2.C}.f0.(\zeta)$$

fo(ξ): عامل يؤخذ من الجدول (2-3) ويتعلق بالمسافة $\zeta = \frac{Vi}{l}$

انظر الشكل(2-14) .

C, L. P_k : نفس الرموز المتبعة في العلاقات (2-14) (2-16) (2-17) .

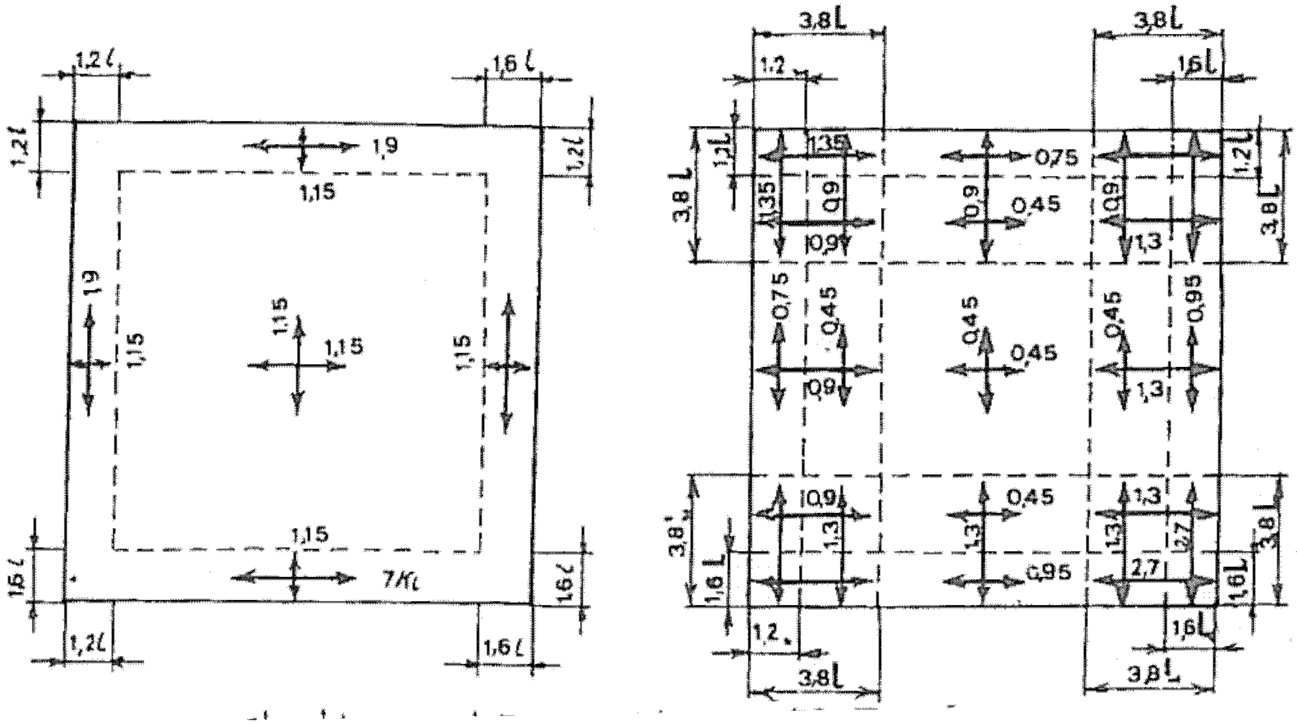
من أجل تحديد القيم الحسابية لعزوم الانعطاف في مناطق مختلفة من البلاطة فإننا نستخدم ثابت (P) الذي يصف العلاقة بين عزم الانعطاف الأعظمي في مختلف نقاط البلاطة (أطراف –زوايا) وبين عزم الانعطاف في مركز تطبيق القوى كما في الشكل (2-15) :

$$M_P = p.M^c_{max}$$

حيث Mp: العزم في كل نقطة.

P: عامل توزيع الحمولة.

Mc_{max}: العزم المركزي الأعظمي .



الشكل (**2-15**) : قيم الثابت p عامل توزيع الحمولة

a: من أجل عزوم الانعطاف الموجبة　　　　b: من أجل عزوم الانعطاف السالبة

<u>2-8-2</u> طريقة وسترجارد:

الرصف الصلب يتمثل في الخرسانة الاسمنتية ،وهنا فمقدرة الرصف على تحمل الأحمال المارة تتوقف أساساً على صلابة الرصف ، وعلى معامل المرونة العالي للبلاطة الخرسانية، ويعتبر الدكتور وسترجارد هو السباق في دراسة الحلول المنطقية لتصميم الرصف الصلب .،وقد اعتبر وسترجارد البلاطة الخرسانية كلوح رقيق مرن محمل على التربة الأصلية وفي هذه الحالة فإن رد الفعل إلى أعلى يتناسب مع الهبوط.

$$K = \frac{P}{\Delta} \Rightarrow P = K . \Delta$$

حيث K: معامل رد فعل التربة (Kg/cm^2) .

وقد يؤخذ الهبوط Δ على أساس 0.125 عند حساب k .

إن هبوط البلاطة تقابله مقاومة إلى حد ما من التربة الأصلية، وهذه المقاومة تتوقف على صلابة هذه التربة، وميل البلاطة للهبوط يتوقف على قوى تحملها ومقاومتها للانحناء، وخصائص تغير الضغط للرصف الصلب عبارة عن دالة للصلابة النسبية بين البلاطة والتربة ، وقد عرف وسترجارد هذه الخاصة بنصف قطر التصلب النسبي "l" :

$$l = \left[\frac{Eh^{3}}{12\,(1 - \mu 2)\,k} \right]^{\frac{1}{4}}$$

حيث E : معامل مرونة الخرسانة الاسمنتية (Kg/cm^2) أو ($pound/inch^2$) .

μ: معامل بواسون للخرسانة (0.15) .

h: سماكة البلاطة (cm) , (inch) .

K: .معامل رد فعل التربة (kg/cm^3), ($pound/inch^3$) .

2-9 حساب تسليح البلاطات البيتونية :

الحساب وفق الطريقة الحدية للبلاطات البيتونية المسلحة ، يعتبر الحالة الحدية على المتانة والشقوق . نتيجة الحساب نختار ثخانة البلاطة وكمية التسليح بحيث لا نصل إلى الحالة الحدية ، وهكذا فإن الإجهادات الشادة وإجهادات الانعطاف التي تسببها عزوم الانعطاف الفعلية الشرط الأساس للطريقة الحدية، ويمكن أن تكتب وفق العلاقة :

$$MP \leq M,P : at < [at]$$

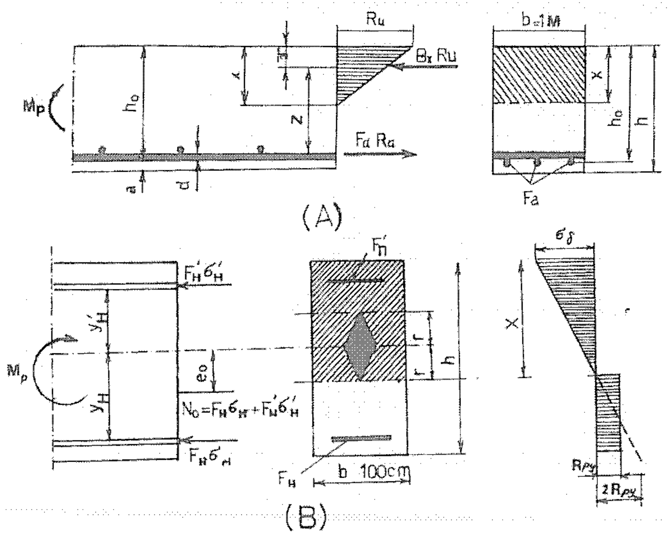
Mp: عزم الانعطاف الحسابي MP: عزم الانعطاف الحدي في المقطع الحسابي للبلاطة.

at:عرض التشققات في المقطع الحسابي للبلاطة.

[at]:عرض التشققات المسموح بها = 0.3 mm .

يحدد عزم الانعطاف الحسابي بحساب البلاطة وفق الحمولات الفعلية ، نتيجة تأثير عجلات الطائرة في ثلاثة نقاط متميزة : (في مركز ثقل البلاطة ، في الطرف وفي الزوايا) .

- في الحالة الأولى: فإن القيمة الأكبر هي عزم انعطاف موجب، والتي يحسب من خلالها مقطع الحديد السفلي في وسط البلاطة.
- في حالة تأثير الحمولات في طرف البلاطة : يحدد بالحساب مقطع الحديد السفلي الذي يتوضع موازياً للطرف، حديد التسليح العلوي ، يكون متعامداً عليه.
- حسب قيمةعزم الانعطاف السالب الذي يظهر في البلاطة نتيجة تأثير الحمولات في الزوايا نحسب المقطع الكلي لحديد التسليح العلوي والذي يكون مماساً في الزوايا.



الشكل (2-16)

A- مخطط لحساب البلاطة البيتونية المسلحة

B- مخطط لحساب البلاطات المسبقة الإجهاد لمقاومة التشققات

10-2 صيانة الرصف الصلب :

تعتبر الصيانة الحل الأول والأكثر اقتصادية والذي نلجأ إليه في حال كان التخريب في البلاطة البيتونية ذو درجة منخفضة، وإلا فإن التقوية هي الحل الوحيد .

وأهم طرق صيانة الرصف الصلب :

1- **تثبيت (حقن) البلاطة:** نقصد بتثبيت (حقن)البلاطة ملء الفراغات تحتها والناشئة عن عملية ضخ البيتون وتكون هذه الفراغات عادة بعمق (0.125 inch أو 3 mm) وإذا تركت بدون معالجة قد تسبب مشاكل أخرى مثل التصدع ، التكسر والتشقق.

الهدف من الحقن صيانة وتجديد طبقة الأساس أو تثبيت تربة المسار تحت البلاطة لمنع الانهيار وتكسر الزوايا والتشقق، ويستخدم في ذلك ملاط الاسمنت والبوزولانا .

2- **ماسة التجليخ** : يقصد بها العملية التي يتم فيها استخدام حامل شفرات لكشط طبقة رقيقة سماكتها (1.5-19 mm) أي (0.66-0.75 inch) من أعلى سطح البلاطة البيتونية وذلك لتحسين خواص النعومة والاحتكاك .

تستخدم ماسة التجليخ لكشط الرصف القديم بمعدل (1-2 m / km) أي (63-126 inch /mil).

إن التجليخ يحسن قابلية استخدام الرصف الذي يحوي عيوب، لكنه لا يعالج الأسباب الأساسية لهذه العيوب فمثلاً ماسة التجليخ تستخدم لزيادة خشونة طبقات الرصف المتصدعة، لكنها لا تعالج سبب هذا التصدع وأيضاً لن تمنع الخشونة التي ستحدث في المستقبل كنتيجة إضافية للتصدع.

3- ترقيع البلاطات البيتونية :

يستخدم ترقيع الرصف الصلب لمعالجة التشوهات الموضعية مثل التقشّر وانهيار الفواصل وتكسر أو تشظّي الزوايا. ونميز نوعين للترقيع : ترقيع جزئي و ترقيع على كامل العمق ، فإذا كان الانهيار ممتداً نحو الأسفل فإن الترقيع على عمق جزئي قد يكون مناسباً ، وإلا فإنه يفضل الترقيع على كامل العمق .

يمكن اعتبار الترقيع الجيد بمثابة صيانة دائمة ،رغم أن كل أنواع الترقيع تعتبر أحد عيوب الرصف.

يمكن استخدام المواد البيتونية للترقيع الطارئ، إلا أنه يفضل استخدام البلاطات البيتونية للترقيع الدائم.

الترقيع على عمق جزئي:

يستخدم لمعالجة الانهيارات الموضعية في البلاطة والتي يقتصر ارتفاعها على الثلث العلوي من ارتفاع البلاطة. ويكون الترقيع على عمق جزئي صغيراً إذا تراوح بين (50-75)mm أي inch (2-3) وينتشر على مساحة أقل من ($1m^2$). ويتم الترقيع على عمق جزئي وفق المراحل التالية:

1- تحديد موقع الترقيع : يمتد الترقيع على مساحة أكبر من مساحة المنطقة المتصدعة بحوالي 75-100 mm من كافة الجوانب.

2- ترحيل المواد المنهارة .

3- تنظيف المساحة المراد ترقيعها .

4- وضع البلاطة ومعالجتها : يجب أن يتم وضع البلاطة بنفس منسوب البلاطات المحيطة، كما يجب أن يتم إنجاز الترقيع من الوسط نحو الأطراف لأن ذلك يساعد على دفع بلاطة الترقيع بشكل جيد نحو البلاطات الموجودة، ويساعد على زيادة التماسك.

الترقيع على كامل العمق:

يستخدم لإعادة تأهيل الانهيارات الموضعية التي يكون عمقها من ثلث سماكة البلاطة أو الانهيارات الناشئة اعتباراً من أسفل البلاطة.

وهذا يتضمن بشكل عام التقشر،الثقب (الحفر)، الشقوق الزاوية ، التشققات الموضعية وكافة الشقوق متوسطة أو عالية الشدة.

يتم ترقيع البلاطة البيتونية على كامل العمق وفق المراحل التالية :

1- تحديد مساحة الترقيع :وتتعلق ببعد المنطقة المراد ترقيعها وقربها من الفواصل و الشقوق :

- إذا كانت المنطقة المراد ترقيعها تبعد مسافة أقل من 2m عند فاصل عرضي ، فإن مساحة الترقيع يجب أن تصل إلى الفاصل.

- إذا كانت المنطقة المراد ترقيعها واقعة على فاصل والجانب الآخر في الفاصل لا يحتاج إصلاح ، فإن منطقة الترقيع تزداد بمقدار 0.3m بعد الفاصل وذلك لإزالة الأوتاد.

- إذا كانت المنطقة المراد ترقيعها واقعة على شق فإن هذه المساحة تزداد بعد الشق لمسافة(0.15m).

2- ترحيل المواد المنهارة .

3- إعداد المنطقة المراد ترقيعها : يتم رص مواد الأساس وتربة المسار ويسوى سطحها وتجفف وتنقل الحمولات بشكل عرضي عن طريق قضبان الربط العرضية بين بلاطتين متجاورتين .

4- إضافة الرابط (الملاط) الإسمنتي لربط مواد الترقيع مع البلاطة القديمة .

5- الوضع والانتهاء: توضع بلاطة الترقيع بنفس منسوب البلاطات المجاورة وترج مواد الترقيع على كامل العمق.

11-2 تقوية الرصف الصلب :

يولى الاهتمام الأكبر عند إجراء التقوية للبلاطات البيتونية اختبار وضع طبقة الأساس والأرض الطبيعية تحت أساس البلاطة البيتونية المراد تقويتها . وينصح بإجراء تجارب التحليل المعروفة لتقييم ردود الفعل لهذا التركيب الطبقي وذلك لكشف عيوب الأساس وتقييمها وتقييم التركيب الطبقي وجودته .

يتعلق وضع وشكل التقوية بالعيوب ودرجة العيوب والتشوهات الملاحظة على هذه البلاطة ، وعلى عدد البلاطات المخبرية والمتشققة بالنسبة للعدد الإجمالي للبلاطات ، لذلك يمكن أن نصنف التخريب أو التشوه وفقاً للجدول (2-5) :

تصنيف التخريب (التشوه)	الشقوق>(cm1%) بالنسبة لمساحة البلاطة	تآكل حواف الفواصل%	شقوق طولية أو عرضية %	تآكل حواف البلاطات
I	10	–	–	–
II	10<	30>	20>	
III	30<	30<	20<	20>
IV	غير مصنف	–	30<	30<

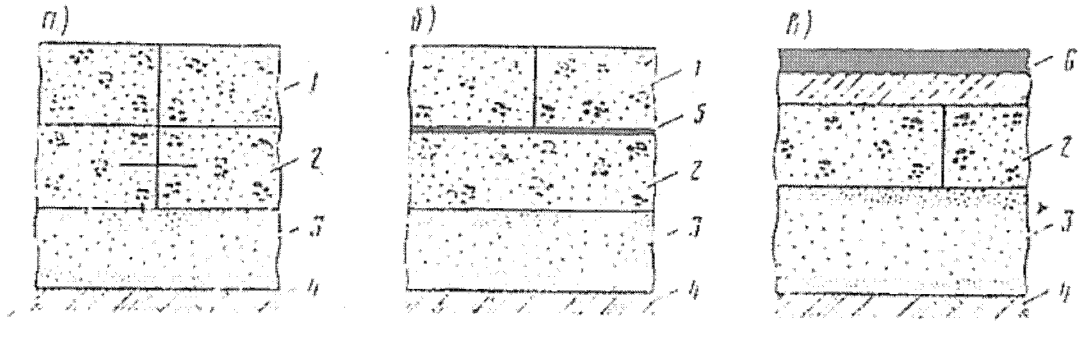
الجدول **(2-5)**

12-2 أشكال التقوية للبلاطات البيتونية :

تأخذ تقوية البلاطات القديمة ببلاطات جديدة أحد التوضعات التالية كما في الشكل (2-17) ، حيث وحسب المقاومة للانعطاف تكون التقوية: إما ببلاطات بيتونية عادية أو ببلاطات بيتونية مسلحة أو ببلاطات بيتونية مسبقة الصنع ، وإن المقاومة الأقل للانعطاف تطوق عند التقوية بطبقة من البيتون الاسفلتي.

– عند تقوية البلاطات البيتونية ببلاطة بيتونية جديدة يجب أن تتوضع الفواصل في البلاطات الجديدة بحيث تتوافق مع فواصل البلاطات القديمة، ويمكن أن نجعل الفاصل في البلاطة الجديدة معاكساً للفاصل في البلاطة القديمة بشكل يشبه توضع البلوكات في البناء.

– عند التقوية ببيتون إسفلتي يجب وضع طبقة انتقالية بين البيتون الاسفلتي والبلاطة القديمة بسماكة 3cm لضمان ثبات البيتون الاسفلتي مع البلاطة القديمة، ويفضل رش Mocعلى طبقة التسوية قبل فرش البيتون الاسفلتي لتأمين الالتصاق بين الطبقتين ، وهذه الكمية تتراوح بين $0.6\text{-}0.8\ kg/cm^2$.



الشكل **(2-17)** : أشكال تقوية البلاطات البيتونية

a– وضع بيتون جديد مباشرة على البيتون القديم في حال وجود ربط بين البلاطات القديمة بقضبان وصل مع توافق الفواصل (يعني الفواصل فوق بعضها).....

b– مع وجود طبقة فصل (مادة مرنة–بيتون إسفلتي...) .

c– استعمال طبقة من البيتون الإسفلتي .

1- بلاطة التقوية الجديدة　　4- الأرض الطبيعية

2- البلاطة القديمة　　5-طبقة فصل بين البيتون القديم والجديد

3- طبقة الأساس الحصوية　　6- بيتون إسفلتي

13-2 طرق تقوية الرصف الصلب :

هناك طريقتين : 1- تقوية الرصف الصلب برصف صلب　　2- تقوية برصف مرن

1ً) تقوية رصف صلب برصف صلب :

وهنا يتم تحديد سماكة طبقة التقوية اعتماداً على الخبرة العملية، حيث يتم حساب العزوم المتولدة في طبقة التقوية على اعتبار أن البلاطة المتشققة تحتها أصبحت بلاطة سفلية ، والبلاطة الجديدة هي بلاطة علوية.

إن السماكة الحسابية للطبقة المخربة (السفلية) تعتمد على درجة التخريب والعيوب الظاهرة التي دعت إلى التقوية ، وتحدد هذه السماكة h_c من الجدول (6-2) :

تصنيف التخريب	I	II	III
h_c^H	h_c^H	$0.9\ h_c^H$	$0.8\ h_c^H$

الجدول **(6-2)**

حيث :

h_c : السماكة الوسطية للطبقة السفلية المخربة .

إذا كانت الطبقة السفلية مخربة من الدرجة الرابعة ، تستعمل في هذه الحالة كأنها طبقة أساس صلبة ذات معامل مرونة　$E = 600$ Mpa .

2ً) رصف صلب برصف مرن :

يتم تحديد سماكة التقوية (بيتون إسفلتي) h_{ab} بالقانون:

$$h_{ab} = 2,5 * (h_M - h_c^b) \geq h_a^b \min$$

حيث : h_c^b : سماكة البلاطة البيتونية المكافئة للبلاطة الموجودة وتؤخذ قيمتها كمايلي :

- من أجل البلاطات البيتونية العادية: $hc = 1,1\ h_c^b$
- من أجل البلاطات البيتونية المسلحة : $hc^b = (1,05\text{-}1,45)\ h_c^b$
- من أجل البلاطات البيتونية المسلحة مسبقة الإجهاد : $hc^b = 1,6.h_c^p$
- h_M : سماكة الطبقة البيتونية الواحدة:

تؤخذ h_{abmin} (أقل سماكة ممكنة من البيتون الإسفلتي) وفق أحد الحالات التالية :

- تقبل cm (16-9) في الأماكن الرئيسية مثل (بداية ونهاية المهبط ، طرق الدرجة الأولى) .
- تقبل cm (12-9) في ممرات المهابط .

– عند تقوية الرصف المرن بالرصف الصلب نعتبر طبقة الرصف المرن كأنها طبقة أساس مقوى بالبيتومين مع معامل مرونة وسطي يعطي بالعلاقة :

$$E_{cp} = \frac{\sum h_i . E_i . k_i}{\sum h_i}$$

حيث:

h_i : سماكة الطبقة i من طبقات الرصف المرن.

E_i: معامل مرونة الطبقة i .

k_i : عامل تخفيض منسوب إلى معامل المرونة.

ويؤخذ من الجدول (2-7) :

K_i	شكل وحجم التخريب في منطقة الأثر (المجموعة الرئيسية للدواليب أو السيارة التصميمية ..)	نوعية المواد
1	مواد الطبقة متجانسة ومهشمة .	مواد معالجة بالبيتومين
0.9	على بلاطة مشققة باتجاه واحد عرضي أو طولي .	
0.8	عندما تكون البلاطة مشققة ويوجد تداخل بالشقوق في كل الاتجاهات .	
0.6	على بلاطة فيها الشقوق على شكل مشبكة ويكون تباعد الشقوق m(0.5-0.6) .	
0.5	شبكة متداخلة ومتقارية من الشقوق من حيث تباعداتها m (0.15-0.2) بالاتجاهين الطولي والعرضي .	
1	في حال بقي شكل المواد الحجرية وبقايا المقالع المستخدمة كما كان عند بداية الإنشاء بالرغم من أن السطح مخرّب .	مواد حجرية غير معالجة بالبيتومين
0.9	في حال تغير المواد الحجرية وبقايا المقالع المستخدمة في الإنشاء بحوالي % (5-10) عن حالتها أثناء الإنشاء.ويلاحظ هذا التغيير عندما تكون نسبة النواعم في البحص والتي قطرها أقل من 2mm تبلغ % 10 .	
0..7	عندما تصل نسبة التخريب والتهشيم إلى % (15-20) ويلاحظ ذلك عندما تكون نسبة النواعم أقل من 2mm وبكمية من % (15-20) .	
0.5	أيضاً تصل نسبة التهشيم على % (15-20) ولكن هنا نسبة النواعم % (25-30)	
1	رمل نظيف حيث المطافئ الرملي	طبقة رملية
0.8	رمل غير نظيف ومكافؤه الرملي	
0.5	رمل سيء جداً قريب إلى الغضار	

الجدول (2-7)

القسم العملي

حساب التصريف للإطالة

شدة العاصفة المطرية (i) :

يمكن حساب شدة العاصفة المطرية التصميمية من العلاقات النظرية والتجريبية المستخدمة في مناطق مشابهة من العالم ، ويمكن لمنطقتنا اعتماد العلاقة التالية :

$$i = \frac{2590}{\tau + 10} * \frac{0.5}{F + 0.4} = (mm/hour)$$

حيث:

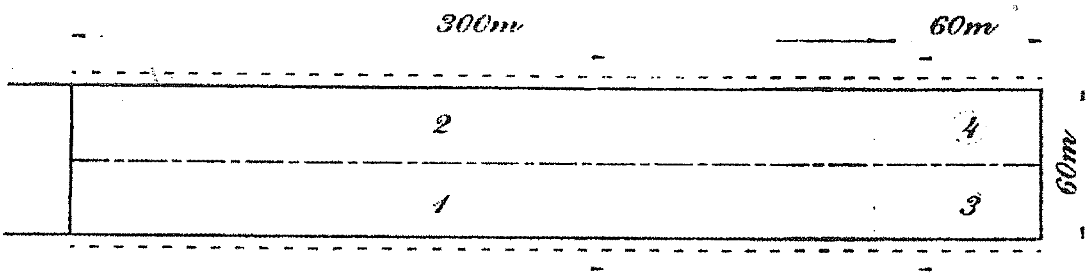
τ:مدة العاصفة المطرية بالدقائق (وهي في حالتنا 60 دقيقة)

F:تكرار العاصفة المطرية التصميمية (F =1/T) حيث(T) زمن تكرار العاصفة المطرية التصميمية، ويؤخذ كما ذكرنا للمطارات المدنية خمس سنوات أي أن F =1/5 = 0.2 بالتعويض في العلاقة السابقة نجد:

$$i = \frac{2590}{60 + 10} * \frac{0.5}{0.2 + 0.4} = 31(mm/hour)$$

– المساحة التي تم تصريف مياهها إلى المصرف **A**:

هي في حالتنا جزء من المهبط (الإطالة) الذي يتجه ميله إلى المصرف وتوجد أربعة مساحات جزئية 4,3,2,1 كما في الشكل التالي:



الشكل (**1-11**)

يتم حساب التصريف للحالة الأكبر وهي الحالتين **1** و **2** ، ثم يتم التحقق على مصارف المساحتين **3** و **4** :

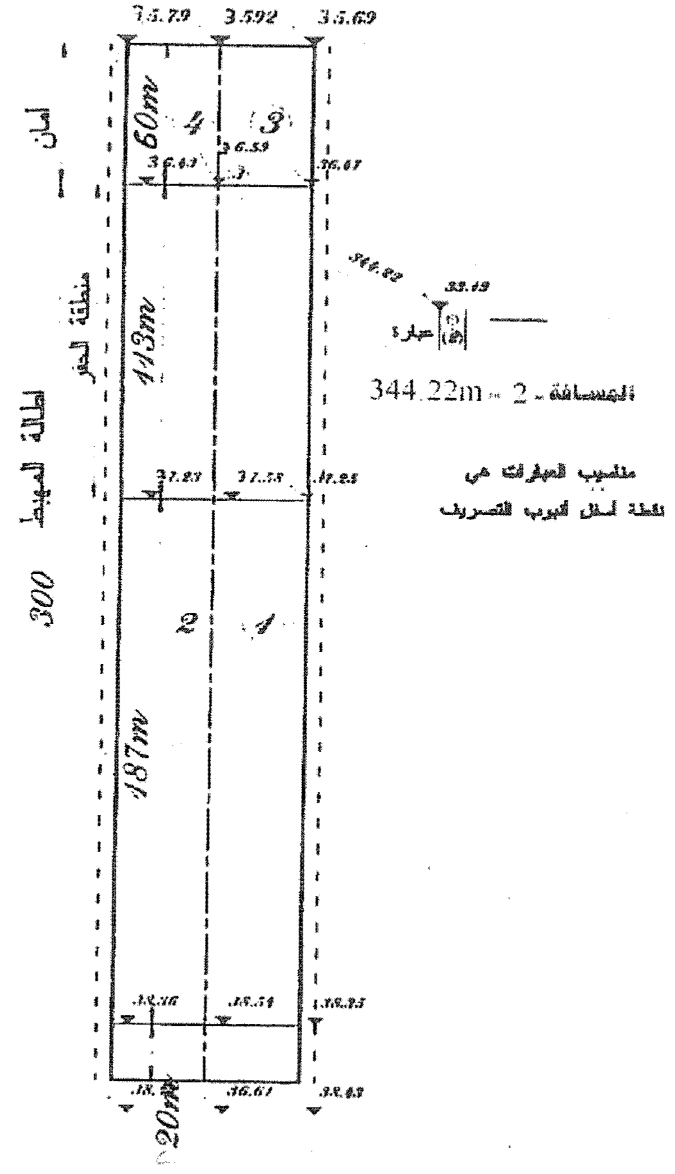
المساحة 1 : $300*30 = 9000\ m^2$

المساحة 3 : $60*30 = 1800\ m^2$

المساحة الإجمالية التي يحسب على أساسها المصرف الرئيسي (المجمع) هي :

$$2*(9000+1800) = 21600\ m^2$$

هذا ونعطي فيمايلي مخطط يوضح الإطالة مع مسافة الأمان والمناسب الطبوغرافية في مختلف النقاط وكذلك المسافات ومنسوب عبارة التصريف.



الشكل (1-12)

حساب قطر المصارف :

نحسب أولاً التصريف الذي سيمرره المصرف من العلاقة التالية :

$$Q = r.i.A$$

$$Q = 0.9\ \frac{31}{3600}.30.300.10^{-3} \approx 0.07 m^3/\sec$$

ثم باستخدام جداول خاصة تعتمد على الميل الطولي للمصرف والتدفق ويمكن حساب قطر المصرف باستخدام العلاقات المعروفة وسنستخدم هناعلاقة(مانينغ) التالية :

$$Q = \frac{1}{n}.a.R^{2/3}.\sqrt{i}$$

n:معامل خشونة السطح الداخلي للأنابيب ويؤخذ 0.015 للأنابيب البيتونية .

j: الميل الطولي للأنبوب ويؤخذ في البداية مسايراً للميول الطبوغرافية إن أمكن ، ومن ثم نحسب سرعة الجريان في الأنبوب، ويجب أن تكون ضمن الحدود المسموحة بحيث لا يحدث حت ولا ترسيب، وتؤخذ السرعة عادةً:

$$1 \leq v \leq 2 \qquad m/sec$$

وإذا كانت الميول الطبوغرافية المعتمدة كميل طولي للأنبوب تعطي سرعاً كبيرة يتم تخفيض الميول الطولية .

أما إذا كانت الميول الطبوغرافية المعتمدة كميل طولي للأنبوب تعطي سرعاً صغيرة يتم زيادة الميل الطولي للأنبوب .ويؤخذ الميل عادةً : $0.1\ \% \leq j \leq 0.5\ \%$

في حالتنا :

الميل الطولي لجزء المهبط للمساحة 1 و 2 كما هو مبين في الشكل (12-1) يكون :

$$I = \frac{38.35 - 36.47}{300} = 0.006$$

باستخدام طريقة الحل بالتقريب المتتالي والعلاقات المذكورة سابقاً نجد أن القطر المستخدم والكافي لهذا التصريف هو: D = 35cm

ونسبة الامتلاء 60 % .

كما هو مبين بالجدول التالي:

Q m^3/sec محسوبة هيدرولوجياً	V (m/sec)	Q (m^3/sec) محسوبة بمعادلة مانينغ	j	R (m)	P (m)	A (m^2)	h=0.6D (m)	D (m)
0.07	1.46	0.231	0.006	0.151	1.0475	0.158	0.3	0.5
	1.26	0.127	0.006	0.12	0.838	0.101	0.24	0.4
	1.14	0.088	0.006	0.105	0.733	0.077	0.21	0.35

حساب قطر المصرف التابع للمساحة 3 و4 :

$$Q = r.\ i.A$$

$$Q = 0.9.\frac{31}{3600}.30.60.10^{-3} \approx 0{,}014 m3/\sec$$

هنا الميل الطولي يؤخذ في هذه الحالة أصغرياً لأن الميول الطبوغرافية عكسية حيث أن اتجاه المصرف عكس الميل الطبوغرافي، ويؤخذ عادةً الميل الأصغري (0.001) للمصارف المغطاة للقطر 30 cm .

- إن التدفق الذي يمرره قطر 30 cm بميل (0.1 %) هو 24 L/sec وهو أكبر من 14 L/sec لذلك فالقطر المستخدم 30 cm في المنطقتين يعتبر مقبولاً.

حساب المجمع الرئيسي:

إن تصريف المجمع الرئيسي يساوي مجموع تصاريف المصارف الأربعة أو هو التصريف القادم من كامل المساحة.

$$Q = 0.9.\frac{31}{3600}.360.60.10^{-3} = 0.167 m3/\sec$$

الميل الطولي للمجمع كما في المخطط الطبوغرافي شكل (1-12) :

$$I = \frac{(36{,}59 - 1.6) - 33.19}{344.22} = 0.0052$$

نستخدم الميل الطولي مساوياً : j = 0.005

حيث أن: 1.6 m هي عمق توضع المجمع تحت المهبط تماماً، ويكون قطر المجمع تبعاً للتدفق 0.167 m^3/sec والميل الطولي 0.005 مبين بالجدول التالي:

Q m^3/sec محسوبة هيدرولوجياً	V m/sec	Q m^3/sec محسوبة بمعادلة مانينغ	j	R m	P m	A m2	H m	D m
0.167	1.15	0.116	0.005	0.12	0.838	0.101	0.24	0.4
	1.25	0.16		0.136	0.943	0.128	0.27	0.45
	1.34	0.211		0.151	1.0475	0.158	0.3	0.5

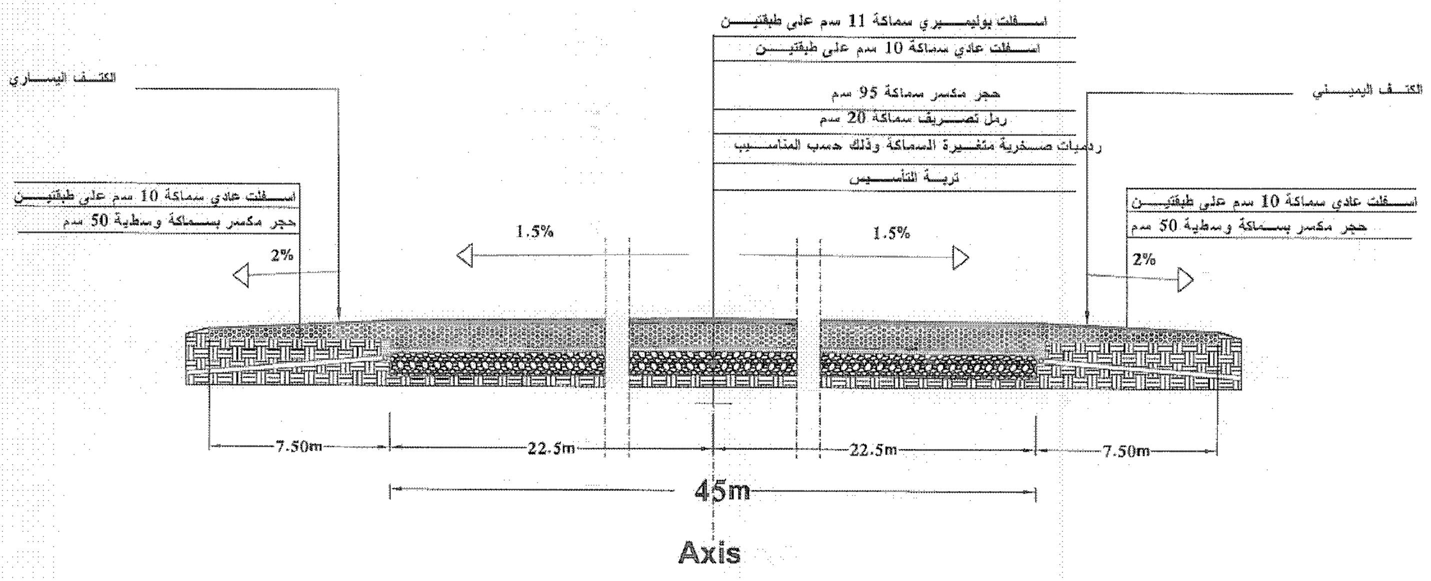
وبالتالي القطر المناسب والمستخدم هو:

$$D = 50cm$$

ونسبة الامتلاء هي % 60

والسرعة : $v = 1.34\ m/sec$ وهي مقبولة.

حساب طبقات الرصف



مقطع عرضي في الجزء الجنوبي للمهبط -الإطالة

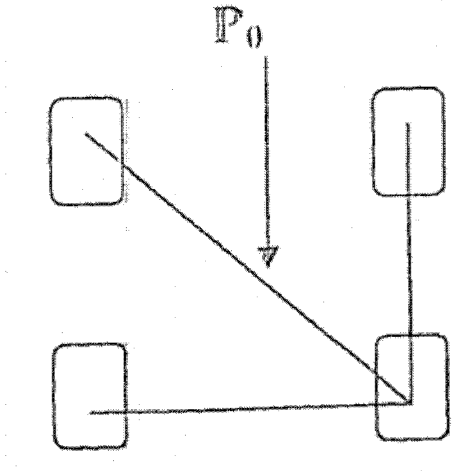
المقطع رقم – 5

دراسة وتصميم طبقات الرصف عند الاستطالة :

مواصفات الطائرة التصميمية:

نموذج B747	الحمولات kg			عدد الدواليب	الأبعاد cm			الضغط Kg /cm2
	P	Pk	PO		At	Ad	Ax	
100	323410	18919.5	75678	4	112	147	184.8	15.3

الشكل التالي يوضح كيفية توضع الدواليب في المجموعة الرئيسية:



مواصفات وتوزع طبقات الرصف في المقطع العرضي عند الاستطالة .

H=7.4cm	E=13287 Kg/cm^2	بيتون إسفلتي
H=45cm	CBR=80%	حجر مكسر
H=45cm	CBR=40%	بقايا مقالع
H=10cm	E=2109 kg/cm^2	رمل فلتر
	E=455 kg/cm^2	التربة الطبيعية

1) التحقق من سهم الانعطاف النسبي:

نبدأ عملية الحساب بإيجاد المسافة الداخلية بين الدواليب :

$$a = a - 2\sqrt{\frac{P_k}{1.4.\pi.q}}$$

$$a = 112 - 2.\sqrt{\frac{18919.5}{1.4.\pi.15.3}} = 78.46 cm$$

حساب الحمولة المكافئة للمجموعة Pэ:

$H_{tot} = 107.4$ cm

$$\frac{a}{2} = 39.23 cm$$

$$as = \sqrt{112^2 + 147^2} = 184.81 cm$$

نلاحظ أن : $\frac{a}{2} < H_{tot} < 2as$

وبالتالي فإن P_e تحسب من المخططات الخاصة بحساب الحمل المكافئ حيث نجد أن: $P_e = 47000$ kg:

حساب نصف قطر سطح تطبيق الحمولة من الدولاب المعادل:

$$De = 2\sqrt{\frac{Pe}{\lambda..qr}} = 2.\sqrt{\frac{47000}{\lambda.15,3}} = 62,54 \, cm$$

حساب معامل المرونة المكافئ للطبقات E_e :

$$Ec = \frac{\sum hi.Ei}{\sum hi} = \frac{10.2109 + 45.3500 + 45.4218 + 7,4.13287}{107,4}$$

$$\Rightarrow Ec = 4346 \; kg / cm^2$$

$$\frac{E_o}{E_c} = \frac{455}{4346} = 0,105$$

$$\frac{H_{tot}}{D_e} = \frac{107.4}{62.54} = 1,72$$

وبالتالي من المخططات الخاصة بحساب E_e واعتماداً على النسبتين السابقتين نجد :

$$\frac{E_e}{E_c} = 0,49 \Rightarrow E_e = 0,49 \times 4346 = 2129,54 kg / cm^2$$

حساب سهم الانعطاف النسبي : باعتبار أن السهم المسموح $\lambda u = 0,0055$

$$\lambda = \frac{0,9.q}{E_e} = \frac{0,9\times 15,3}{2129,54} = 0,0065$$

نلاحظ أن السهم المحسوب أكبر من السهم المسموح لذلك نلجأ لزيادة سماكة طبقة البيتون الإسفلتي وتغيير معامل مرونتها ولكن قبل ذلك نجري التحقيق الثاني وهو :

2) التحقق من إجهاد الشد في طبقة البيتون الإسفلتي:

$$\sigma = 0,95.k.q.\overline{\sigma}$$

$H_a = 7.4cm$ $\qquad\qquad$ $k = 1,15$

$$\Leftarrow H_a < \frac{a}{2}$$

نلاحظ أن

$$P_e = P_k$$

$$\Rightarrow D_a = 2\times\sqrt{\frac{18919.5}{\pi.15,3}} = 39,68cm$$

– حساب معامل المرونة المكافئ لطبقات الأساس فقط:

نبدأ بحساب معامل المرونة الوسطى **E_{co}**:

$$E_{co} = \frac{10.2109 + 45.3500 + 45.4218}{100} = 3684\,kg/cm^2$$

نحسب النسبتين:

$$\frac{E_o}{E_{co}} = \frac{455}{3684} = 0,12$$

$$\frac{h_o}{D_e} = \frac{100}{62,54} = 1,6$$

من المخطط الذي يعطي معامل المرونة المكافئ لطبقات الأساس وباعتماد النسبتين السابقتين نجد أن :

$$\frac{E_{eo}}{E_{co}} = 0,5 \Rightarrow$$

$$E_{eo} = 0,5\times 3684 = 1842\,kg/cm^2$$

حساب إجهاد الشد الواحدي :

$$\frac{h_a}{D_a} = \frac{7,4}{39,68} = 0,19$$

$$\frac{E_a}{E_{eo}} = \frac{13287}{1842} = 7,21$$

ومن المخطط الخاص بحساب إجهاد الشد الواحدي نجد : $\overline{\sigma} = 1,9$

$$\Rightarrow \sigma = 0,95 \times 1,15 \times 15,3 \times 1,9 = 31,8\, kg / cm^2$$

نلاحظ أن الإجهاد المحسوب اكبر من الإجهاد المسموح حيث أن الإجهاد المسوح :

$[\sigma] = 21$ kg / cm^2

أي أن السماكة الموجودة لطبقة الإسفلت غير كافية وهذا يؤدي إلى ظهور الشقوق مما يؤكد ضرورة زيادة سماكة طبقة الإسفلت:

لذلك هنا سوف نفرض معامل مرونة وسطي جديد لطبقة الإسفلت حيث نعتبر :

E = 12500 kg/cm^2

ونقوم بزيادة سماكة طبقة البيتون الاسفلتي تدريجياً بمقدار (1cm) ونعيد الحساب من جديد.

نجد بعد عدة محاولات أن السماكة الكافية لطبقة الإسفلت والتي تحقق شروط الأمان والاستقرار هي (21 Cm) ونتحقق من ذلك كمايلي:

H=21cm	E=12500 Kg/cm^2	بيتون إسفلتي
H=45cm	E=4218kg/cm^2	حجر مكسر
H=45cm	E=3500kg/cm^2	بقايا مقالع
H=10cm	E=2109 kg/cm^2	رمل فلتر
–	E=455 kg/cm^2	التربة الطبيعية

1) التحقق من سهم الانعطاف النسبي:

حساب معامل المرونة الوسطى للطبقات :

$$Ec = \frac{10.2109 + 45.3500 + 45.4218 + 21.12500}{121}$$

$$\Rightarrow E_c = 5214\, kg / cm^2$$

حساب الحمل المكافئ P_e :

$H_{tot} = 121$cm

نلاحظ أن: $\frac{a}{2} < H_{tot} < 2as$ وبالتالي فإن

P_e تحسب من المخططات حيث نجد أن : **P_e = 50000** kg

$$\Rightarrow De = 2\sqrt{\frac{50000}{\lambda.15,3}} = 64,51 cm$$

نحسب النسبتين:

$$\frac{H_{tot}}{D_e} = \frac{121}{64{,}51} = 1{,}88$$

$$\frac{E_o}{E_c} = \frac{455}{5214} = 0{,}87$$

من المخططات الخاصة بحساب معامل المرونة المكافئ وباعتماد النسبتين السابقتين نجد أن:

$$\frac{E_e}{E_c} = 0{,}49 \Rightarrow E_e = 0{,}49 \times 5214 = 2554{,}86 kg / cm^2$$

حساب السهم النسبي:

$$\lambda = \frac{0.9.q}{E_e} = \frac{0{,}9 \times 15.3}{2554{,}86} = 0{,}0054$$

نلاحظ أن $\lambda u > \lambda$ حيث أن : **$\lambda u = 0{,}0055$**

أي أن الجهود المنقولة للتربة هي ضمن قدرة تحملها.

2)التحقق من إجهاد الشد في طبقة البيتون الاسفلتي:

حساب معامل المرونة المكافئ لطبقات الأساس فقط:

$$E_{co} = \frac{10.2109 + 45.3500 + 45.4218}{100} = 3684 kg / cm^2$$

$$\frac{E_o}{E_{co}} = \frac{455}{3684} = 0{,}12$$

نحسب النسبتين :

$$\frac{H_o}{D_e} = \frac{100}{64{,}51} = 1{,}55$$

من المخططات اللازمة لحساب معامل المرونة المكافئ وبالاعتماد على النسبتين السابقتين نجد:

$$\frac{E_{eo}}{E_{co}} = 0{,}5 \Rightarrow E_{eo} = 0{,}5 \times 3684 = 1842 kg / cm^2$$

حساب إجهاد الشد الواحدي : $\bar{\sigma}$

نحسب النسبتين :

$$\frac{h_a}{D_a} \qquad \frac{E_a}{E_{eo}}$$

ولدينا $h_a = 21$ ccm

نلاحظ أن : $h_a < \frac{a}{2} \Leftarrow P_e = P_k$

$$D_a = 2\sqrt{\frac{P_k}{\pi . q}} = 2.\sqrt{\frac{18919.5}{\pi \times 15,3}} = 39.68\ cm$$

$$\frac{h_a}{D_a} = \frac{21}{39,68} = 0,53$$

$$\frac{E_a}{E_{eo}} = \frac{12500}{1842} = 6,79$$

من المخطط الخاص بإجهاد الشد الواحدي وبالاعتماد على النسبتين السابقتين نجد :

$$\bar{\sigma} = 1,2 \Rightarrow$$

$$\sigma = 0,95 \times 1,15 \times 15,3 \times 1,2 = 20,06\ kg/cm^2$$

نلاحظ أن الاجهاد المحسوب أصغر من الاجهاد المسموح $\sigma_u = 21\ kg/cm^2$

وبالتالي إجهاد الشد محقق والسماكة المفروضة مقبولة.

<u>التحقق من الاقتصادية :</u>

حتى يكون التصميم اقتصادياً يجب أن تكون النسبة التالية محققة :

$$\frac{\sigma_u - \sigma}{\sigma_u} < 5\%$$

نعوض:

$$\frac{21 - 20.06}{21} = 4,5\% \qquad < 5\%$$

وبالتالي التصميم اقتصادي .

بما أن البلاطات البيتونية أقل تأثراً بالمياه الجوفية من طبقات الرصف المرن التي قد تتأثر بارتفاع منسوب المياه الجوفية، لذلك نقترح أن تكون الإطالة مصممة كرصف صلب على اعتبار أن الأساس حصوي وحجارة كبيرة بالتسلسل ، حيث أنها تضمن عدم ارتفاع المياه بالخاصة الشعرية ، وعلى افتراض أن المياه قد تصل إلى أسفل البلاطة البيتونية فإنها لن تؤدي إلى تخريبها كما تفعل فيما لوكانت البلاطة بيتون إسفلتي .

دراسة وتصميم الرصف الصلب المقترح للإطالة :

سيتم الحساب بطريقة " وسترغارد في حساب الرصف الصلب " وباعتماد المواصفات التالية:

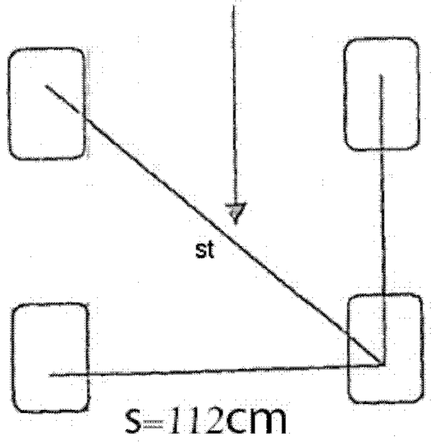
- معامل مرونة البيتون $E=4.10^6\ \ell b/in^2$.
- التربة من الصنف: R_d
- معامل رد الفعل : $k=300\ \ell b/in^3$

– نبدأ بفرض قيمة لسماكة البلاطة البيتونية ولتكن : h =11inch

– نحسب نصف قطر القساوة النسبية وفق العلاقة:

$$\ell=\sqrt[4]{\frac{E.h^3}{12(1-\mu^2)k}} \qquad :\mu=0{,}15$$

$$\ell=\sqrt[4]{\frac{4.10^6\times\overline{11}^3}{12\times(1-\overline{0{,}15}^2)\times 300}}=35{,}07inch$$



147

$$S = 112\,cm \Rightarrow S = \frac{112}{2,54} = 44,09\,inch$$

$$S_t = 184.81\,cm$$

$$\Rightarrow S_t = \frac{184.81}{2.54} = 72,76\,inch$$

- حساب مساحة سطح تأثير الدولاب على البلاطة :

$$A = \frac{P_o}{N.q}$$

$$p_o = 75678\ kg \Rightarrow p_o = 166691\ .63\,lb$$

$$q = 15.3\,kg / cm^2 \Rightarrow q = 217.42\,lb / in^2$$

$$A = \frac{166691,63}{4 \times 217.42} = 191,67\,in^2$$

- نحسب النسب الثلاث:

$$\frac{S}{\ell} = \frac{44,09}{35.07} = 1,26$$

$$\frac{S_t}{\ell} = \frac{72.76}{35,07} = 2,10$$

$$\frac{A}{\ell^2} = \frac{191,67}{\overline{35,07}^2} = 0,16$$

بالاعتماد على هذه النسب الثلاث ومن المخطط الخاص بحساب الحمل المكافئ نجد:

$$\frac{P_o}{P_e} = 3,5 \Rightarrow P_e = \frac{P_o}{3,5} = \frac{166691,63}{3,5} = 47626,18\,\ell b$$

من المخطط الخاص بحساب السماكات اللازمة للأساس والبلاطة البيتونية ، وتبعاً لقيمة P_e نجد أن :

سماكة طبقة الأساس اللازمة هي تقريباً 11 inch .

سماكة البلاطة اللازمة هي 10,5 inch .

نلاحظ أن سماكة البلاطة الناتجة أقل من السماكة المفروضة (11 inch) وبالتالي السماكة المفروضة مقبولة.

التحقق من الاقتصادية:

يجب أن تكون النسبة : $\frac{\text{السماكة اللازمة} - \text{السماكة المفروضة}}{\text{السماكة المفروضة}}$ أقل من % 5

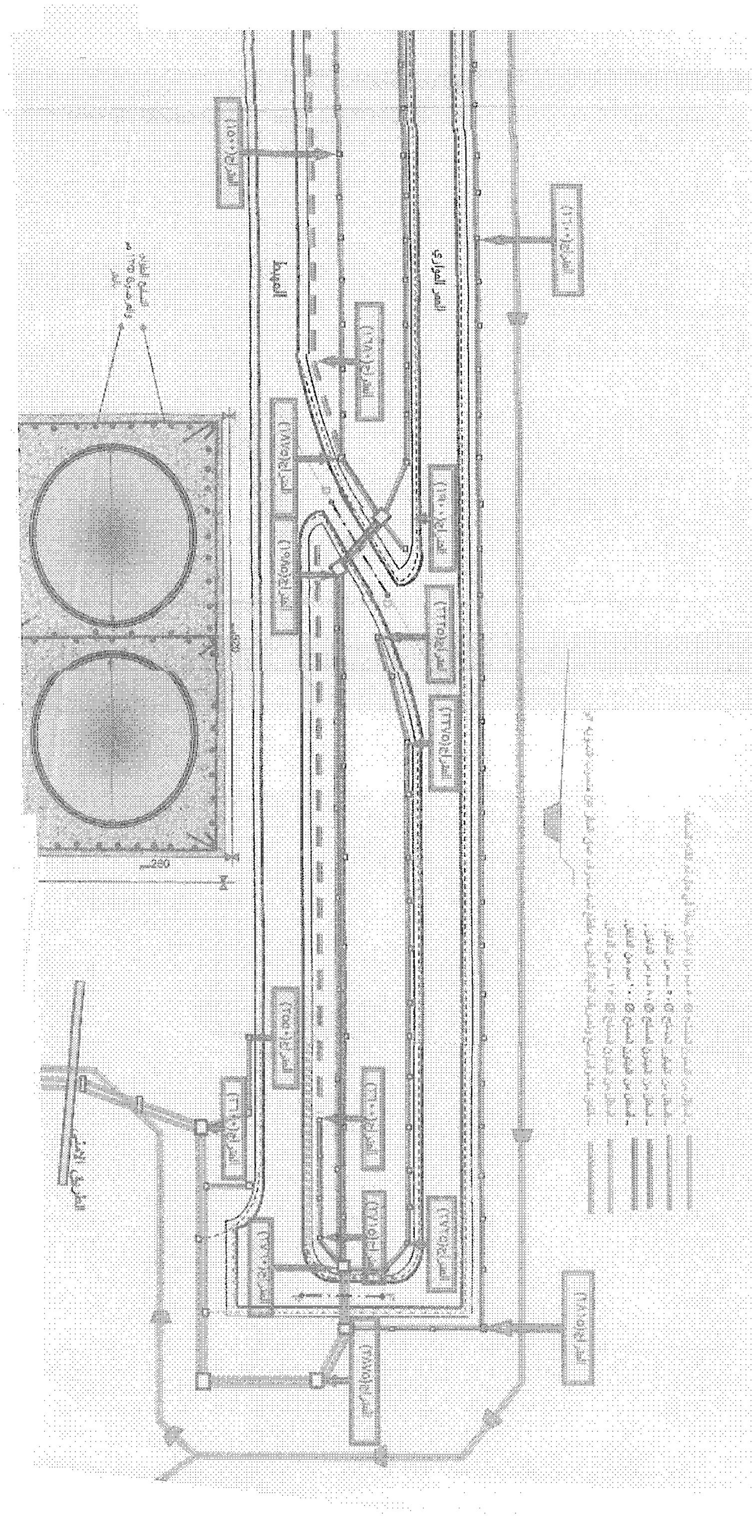
$$\frac{11 - 10,5}{11} = 4,5\% \quad < 5\%$$

فالتصميم اقتصادي .

ملاحظة:

نضيف تحت طبقة الأساس طبقة حجر ركامي بمقدار 50cm حتى لا تصعد المياه الجوفية بالخاصة الشعرية على اعتبار أن منسوب المياه الجوفية مرتفع.

علماً أنه سيتم ضخ وتخفيض المياه الجوفية في كامل الإطالة بحالتي الرصف المرن والرصف الصلب.



الجزء الجنوبي من المطار الخاص بالإطالة

ملحق التجارب

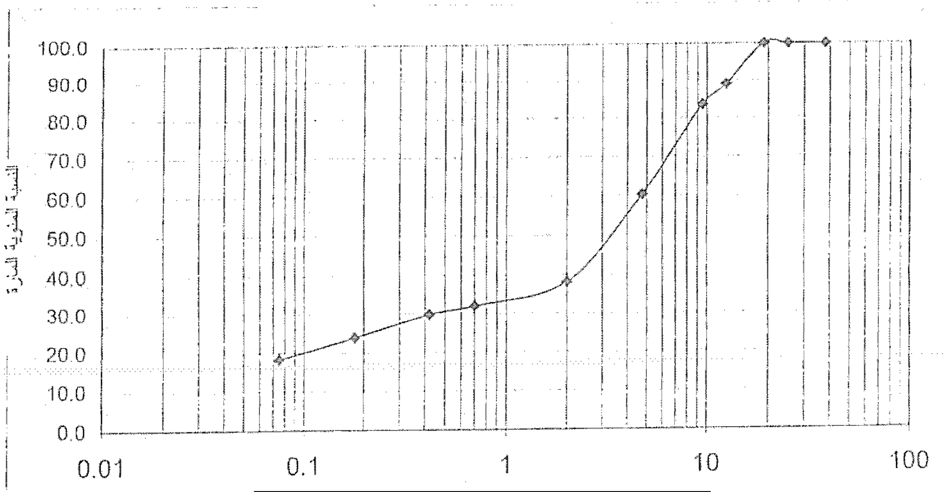
<u>تجربة التحليل الحبي</u> **حفرة من الممر الرابط بين الموازي والمهبط**

وزن الوعاء: gr **148.4** وزن الوعاء +العينة قبل الغسيل : **gr 737.3**

وزن العينة : **gr 588.9**

النسبة المئوية المارة	النسبة المئوية المتبقية	الوزن المتبقي التراكمي المصحح	الوزن المتبقي التراكمي	قطر المنحل
100.0	0	0	0	38
100.0	0	0	0	25
100.0	0	0	0	19
88.8	11.16	65.7	65.7	12.5
83.3	16.66	98.1	98.1	9.5
60.2	39.76	234.1	234.1	4.75
38.1	61.93	364.7	364.7	2
31.9	68.06	400.8	400.8	0.7
29.6	70.36	414.3	414.3	0.42
23.7	76.32	449.4	449.4	0.18
18.1	81.87	482.1	482.1	0.075

588.9	مجموع الأوزان المحجوزة gr



18.13	نسبة المواد الناعمة
42.11	نسبة الرمل%
39.76	نسبة البحص%

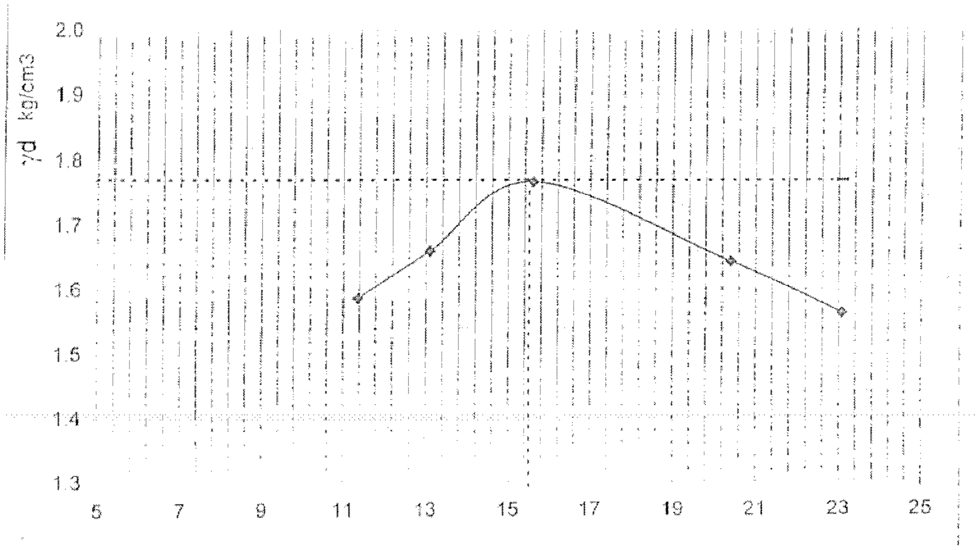
<u>تجربة بروكتور</u>

رقم العينة : **4**

العمق : **200**

عند المعبر الرابط بين الموازي والمهبط

رقم التجربة	1	2	3	4	5
وزن المواد الرطبة مع القالب gr	5371	5476	5631	5572	5520
وزن القالب فارغ gr	3709	3709	3709	3709	3709
حجم القالب cm3	941	941	941	941	941
الوزن الحجمي الرطب g/cm^3	1.766206	1.87779	2.042508	1.979809	1.924548
رقم العلبة	1	2	3	4	5
وزن العينة رطبة مع العلبة gr	572	616	605	561	589
وزن العينة جافة مع العلبةgr	527	569	547	491	511
وزن العلبة فارغة gr	131	210	175	148	173
نسبة الرطوبة	11.36	13.09	15.59	20.41	23.08
الوزن الحجمي الجاف g/cm^3	1.59	1.66	1.77	1.64	1.56



الوزن الحجمي الأعظمي =1.77 gr/cm^3

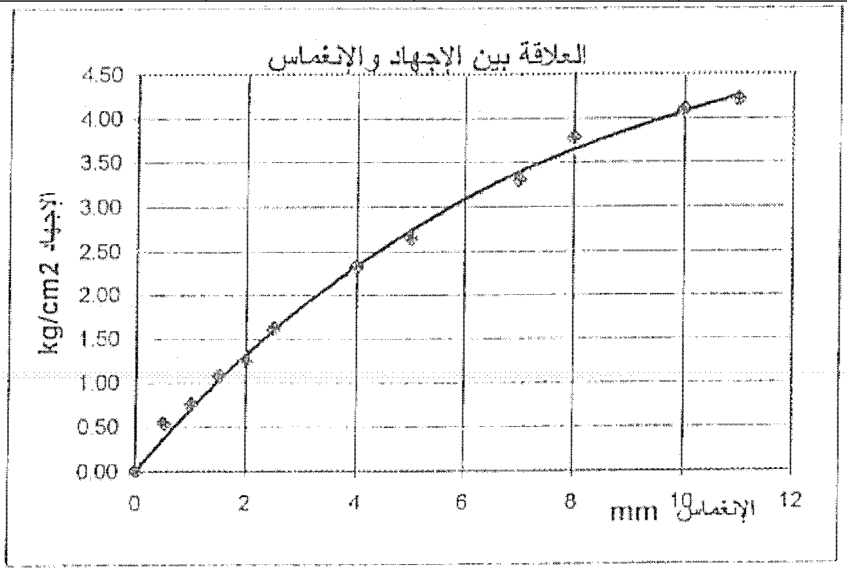
نسبة الرطوبة=15.5 (%)

رقم العينة : 4 **<u>تجربة CBR</u>**

العمق 200 cm

mm	220	الإرتفاع	الإنتفاخ	0.5	mm
	0.002	الانتفاخ النسبي	ثابت الحلقة	1.044	
			وزن القالب		
			مساحة مقطع المكبس	19.353	Cm^2

الإجهاد kg/cm^2	القوة kg	قراءة مؤشر القوة	mm
0.00	0.00	0	0
0.54	10.44	10	0.5
0.76	14.62	14	1
1.08	20.88	20	1.5
1.24	24.01	23	2
1.62	31.32	30	2.5
2.32	44.89	43	4
2.64	51.16	49	5
3.29	63.68	61	7
3.78	73.08	70	8
4.10	79.34	76	10
4.21	81.43	78	11



σ2.5=		CBR 2.5	2.3
σ5=		CBR 5.0	2.5

رقم العينة	عمق العينة (cm)	الوزن الحجمي الجاف γ_d gr/cm^3	الرطوبة المثالية (%)	C.B.R (%)	حدالسيولة WP (%)	حد اللدونة WP (%)	دليل اللدونة IP(%)	>4,75 (mm) (%)	0.075-4.75 (mm) (%)	نواعم < 0.075 m	التصنيف
4	200	1.77	15.5	2.5	95.7	43.2	52.5	39.8	42.1	18.1	OH:غضار عضوي ذو لدونة عالية مع نسبة بسيطة من الرمل (تربة زراعية)

جدول يبين ملخص نتائج التجارب المنفذة

على عينة التربة المأخوذة من الإطالة